CIAO2022

Congreso Internacional del Olivar y el Aceite de Oliva
International Congress on the Olive Grove and Olive Oil

Los territorios olivareros frente a los cambios socioeconómicos y ambientales
Olive-growing territories facing socioeconomic and environmental changes



LIBRO DE ACTAS
CONFERENCE PROCEEDINGS

Javier Calatrava Requena y Jose Domingo Sánchez Martínez (coords.)

Academia Andaluza de Ciencia Regional
Palacio de Congresos de Jaén (IFEJA)
26-28 de Mayo de 2022

Andalusian Academy of Regional Science
Jaen Congress Center (IFEJA)
May 26-28. 2022

LIBRO DE ACTAS CONGRESO INTERNACIONAL DEL OLIVAR Y ACEITE DE OLIVA 2022
CONFERENCE PROCEEDINGS INTERNATIONAL CONGRESS ON THE OLIVE GROVE AND OLIVE OIL 2022

Primera edición, noviembre 2022
EDITA: Academia Andaluza de Ciencia Regional
COORDINADORES: Javier Calatrava Requena y José Domingo Sánchez Martínez
© de la presente edición: Academia Andaluza de Ciencia Regional

I.S.B.N.: 978-84-09-46134-9 versión digital
978-84-09-46134-2 versión papel
Depósito Legal: J 645-2022

IMPRIME: Publimax Impresores, Baeza (Jaén)
Teléfono: 953 744 141
www.publimaximpresores.es

Impreso en España /Printed in Spain
No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, sea éste electrónico, mecánico, por fotocopia, por grabación u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito del editor. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (Art. 270 y siguientes del Código Penal).

INDICE

3 PRESENTACIÓN.
9 FACTORES HABILITANTES Y LIMITANTES PARA EL DESARROLLO DE LA BIOECONOMÍA CIRCULAR EN EL SECTOR DEL ACEITE DE OLIVA: EL CASO DE ANDALUCÍA.
25 PRODUCT AUTHENTICITY: CONCEPTUALIZATION FROM ORGANIC OLIVE OIL PRODUCERS' PERSPECTIVE.
31 LA GESTIÓN COOPERATIVA DE LAS CUBIERTAS VEGETALES Y DE LOS RESTOS DE PODA. UNA OPCIÓN A EVALUAR PARA MAXIMIZAR LOS BENEFICIOS DE LOS ECOESQUEMAS.
40 LA RELACIÓN ENTRE EL TIEMPO DE TRABAJO Y LA ESTRUCTURA Y TECNOLOGÍA DE LAS EXPLOTACIONES DE OLIVAR TRADICIONAL.
46 INFLUENCIA DE LOS ABONOS QUÍMICOS SOBRE LA DIVERSIDAD DE ARTRÓPODOS EN EL OLIVAR DE EL ALENTEJO (PORTUGAL).
53 MÉTODOS GEO-ESPACIALES PARA EL CONTROL REMOTO DE LA EROSIÓN HÍDRICA DEL SUELO EN OLIVARES.
62 PIRÓLISIS ANALÍTICA (PY-GC/MS) COMO HERRAMIENTA PARA LA CARACTERIZACIÓN Y CONTROL DE LA MADURACIÓN DE COMPOST DE ALPERUJO – ANALYTICAL PYROLYSIS (PY-GC/MS) AS A TOOL FOR CHARACTERIZATION AND MATURITY ASSESSMENT OF COMPOSTED OLIVE MIL POMACE.
69 ¿QUE EFECTO TIENE EN OLIVAR TRADICIONAL EL LABOREO CONVENCIONAL A LARGO PLAZO EN EL ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN EL SUELO? UNA APROXIMACIÓN AL CONCEPTO DE SATURACION DEL SUELO EN AREAS MEDITERRANEAS.
75 PREFERENCIAS DE LOS CONSUMIDORES POR ACEITE DE OLIVA VIRGEN EXTRA CON ATRIBUTOS RELACIONADOS CON LA BIOECONOMÍA CIRCULAR.
82 RELATIONSHIP BETWEEN WOODY SEMI-NATURAL HABITATS AND THE FAMILY CHRYSOPIDAE IN OLIVE AGROECOSYSTEM.
92 EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ALPERUJO Y COMPOST DE ALPERUJO EN EL SUELO DEL OLIVAR.
103 NUEVAS TENDENCIAS Y RETOS EN LA VALORIZACIÓN DE SUBPRODUCTOS DEL OLIVAR.
110 ¿CUÁNTO CONTRIBUYEN LAS ESTRUCTURAS PERMANENTES DEL OLIVO A LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO?
117 LOS PAISAJES DE OLIVAR EN ANDALUCÍA COMO PALANCA DE DESARROLLO RURAL.
122 EL AVANCE DEL OLIVAR SÚPER INTENSIVO EN LA PROVINCIA DE JAÉN EN PERSPECTIVA ESPACIAL Y ESTRATÉGICA.
129 ANÁLISIS DE LA SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA Y ECOLÓGICA EN OLIVARES DE SECANO Y REGADÍO BAJO DIFERENTES NIVELES EROSIVOS EN LA COMARCA DE ESTEPA (ANDALUCÍA, ESPAÑA).

150 EVALUACIÓN MULTIFUNCIONAL DE LA AGRICULTURA INTEGRADA Y ORGÁNICA EN PAISAJES DE OLIVAR DEL SUROESTE DE ESPAÑA A TRAVÉS DE UN ANÁLISIS DE PROCESOS JERÁRQUICOS.
169 INSTRUMENTOS INNOVADORES DE POLÍTICA DE AGROAMBIENTE Y CLIMA BASADOS EN PAGOS POR RESULTADOS: EL CASO DEL OLIVAR ANDALUZ.
175 IMPACTO DE LA PARCELACIÓN DE LAS EXPLOTACIONES OLIVARERAS EN LOS COSTES DE EXPLOTACIÓN.
181 ESTIMACIÓN ACTUALIZADA DE LOS RECURSOS BIOMÁSICOS DEL SECTOR OLEÍCOLA ANDALUZ.
202 INNOVACIÓN EN EL CULTIVO DEL OLIVAR Y DESARROLLO TERRITORIAL: INTERIOR RURAL DE LA COMUNITAT VALENCIANA.
212 IMPORTANCE-PERFORMANCE ANALYSIS EN EL SECTOR DEL OLEOTURISMO: UN ENFOQUE A TRAVÉS DE LOS TURISTAS NACIONALES.
221 OPPORTUNITIES FOR THE DEVELOPMENT OF THE CIRCULAR ECONOMY IN THE OLIVE GROVE. LIFE-COMP0LIVE PROJECT.
226 EL TRATAMIENTO DEL OLIVAR Y EL ACEITE DE OLIVA EN LOS ANTIGUOS TEXTOS DE AGRICULTURA: DE CATON A ALONSO DE HERRERA.
264 DESAFÍOS Y ACTUACIONES DE LAS EMPRESAS OLEÍCOLAS INNOVADORAS EN LA PANDEMIA.
271 LAS POLÍTICAS PÚBLICAS Y SU CONTRIBUCIÓN A LA PROVISIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS: EL CASO DEL OLIVAR DE MONTAÑA.
278 VALORIZACIÓN DE LODOS Y EFLUENTES DE BALSAS DE ALMAZARA MEDIANTE COMPOSTAJE, EL ÚLTIMO ESLABÓN DE LA BIOECONOMÍA CIRCULAR DEL OLIVAR.
303 CONCENTRACIONES DE ZN EN SUELOS, HOJA Y SAVIA DE OLIVO: APROXIMACIÓN A UNA NUEVA TÉCNICA DE DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL.
319 MAPA DE CONOCIMIENTO DEL CULTIVO DE OLIVAR EN LA COMUNIDAD DE MADRID.
324 EFECTOS DEL CONSUMO DE AOVE Y ACEITES DE OLIVA FUNCIONALES QUE DIFIEREN EN SU CONTENIDO DE COMPUESTOS BIOACTIVOS SOBRE LOS MEDIADORES PRO-INFLAMATORIOS IL-1B Y TNF-A.
332 LA PODA DE OLIVO COMO UN RECURSO SOSTENIBLE PARA LA OBTENCIÓN DE BIOMATERIALES Y COMPUESTOS DE ALTO VALOR AÑADIDO.
338 EVALUATION OF THE GENETIC RESISTANCE OF OLIVE VARIETIES FROM THE GERMPLASM OF MARRAKECH TO INFESTATION BY THE OLIVE FRUIT FLY BACTROCERA OLEAE ROSSI (DIPTERA, TEPHRITIDAE).
351 EVALUACIÓN DE LA EROSIÓN DEL SUELO EN PAISAJES MEDITERRÁNEOS DE OLIVAR BAJO DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO.
358 PRODUCCIÓN DE ACEITES DE OLIVA CON CONTROL RIGOROSO EN COMPUESTOS QUE PRESENTAN TOXICIDAD.
362 EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ALPERUJO Y COMPOST DE ALPERUJO EN EL SUELO DEL OLIVAR.
373 COMPOSTAJE DE SUBPRODUCTOS DE ALMAZARA: UNA ALTERNATIVA PARA SU VALORIZACIÓN EN EL ACTUAL CONTEXTO SOCIOECONÓMICO Y MEDIOAMBIENTAL.
380 LA JUNGLA DE SELLOS-SIGNOS DE CALIDAD DIFERENCIADA Y SUS EFECTOS EN LA VALORACIÓN DEL ACEITE.

385 FACTORES INFLUYENTES EN LA PERCEPCIÓN DE ARTIFICIALIDAD EN LOS PROCESOS DE CATA HEDÓNICA DE ACEITES DE OLIVA.
388 AN ONTOLOGY-BASED TOOLKIT TO SUPPORT THE SUSTAINABILITY ASSESSMENT OF OLIVE GROVES ACROSS THE MEDITERRANEAN BASIN.
394 PERSPECTIVAS EN EL MERCADO DEL SECTOR OLEÍCOLA: UN ANÁLISIS DE SERIES TEMPORALES.
420 QUANTITATIVE AND QUALITATIVE ASPECTS OF PEROXIDASES IN TISSUE CULTURE OF OLIVE (OLEA EUROPAEA L.). TOWARDS A NEW BIOCHEMICAL MARKER OF THE EMBRYOGENESIS CAPACITIES IN REPUTED CULTIVARS.
423 MORPHOLOGICAL AND AGRONOMIC CHARACTERIZATION OF SOME OLIVE SELECTIONS DERIVED FROM A MOROCCAN BREEDING PROGRAM.
434 RELACIÓN ENTRE CONOCIMIENTO, CONFUSIÓN Y CONSUMO DE ACEITES DE OLIVA EN EUROPA.
440 ADECUACIÓN DEL SISTEMA DE ETIQUETADO NUTRICIONAL NUTRISCORE A LOS ACEITES DE OLIVA.
446 LA BIODIVERSIDAD DESDE LA PERSPECTIVA DEL CONSUMIDOR: DIMENSIONES Y SIGNIFICADOS ASOCIADOS AL CONCEPTO.
451 WIDE-AREA VALIDATION OF A BIOLOGICAL CONTROL METHOD BASED ON SOIL APPLICATION OF THE ENTOMOPATHOGENIC FUNGUS METARHIZIUM BRUNNEUM FOR OLIVE FRUIT FLY CONTROL.
460 RECOLECCIÓN DEL OLIVAR TRADICIONAL MEDIANTE COSECHADORAS BASADAS EN SACUDIDORES DE COPA.
473 EFECTO DE LA REDUCCIÓN DE OXÍGENO DURANTE LA MOLIENDA Y/O BATIDO DE LA ACEITUNA SOBRE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD FISICOQUÍMICOS Y LA COMPOSICIÓN DEL AOV.
484 ZEN-IRRIWARE, PRECISION IRRIGATION SOFTWARE - APPLICATION ON OLIVE ORCHARDS.
490 A HISTORICAL AND SOCIAL INSIGHT OF OLIVE GROVES AND LANDSCAPES IN GREECE.
502 CAMBIOS EN LOS PIGMENTOS Y EL PERFIL COLORÍMETRICO DEL ACEITE DE OLIVA VIRGEN EXTRA DE LA VARIEDAD 'PICUAL' DURANTE SU CONSERVACIÓN EN CONDICIONES DE SUPERMERCADO.
515 UN CÍRCULO QUE SE CIERRA: DE LA MULTIFUNCIONALIDAD DE LOS ESQUILMOS DEL OLIVO EN LA ECONOMÍA ORGÁNICA AL RETO DE LA FUNCIÓN DEL OLIVAR DE MONTAÑA EN LA MULTIFUNCIONALIDAD DE LA EXPLOTACIÓN AGRARIA.
523 EL OLIVAR Y EL COMERCIO DE ACEITE DE OLIVA EN LA CRISIS AGRARIA DE FINALES DEL SIGLO XIX. UNA VISIÓN ANALÓGICA COETÁNEA.

PRESENTACIÓN

El olivo se cultiva en 67 países, ocupando más de once millones y medio de hectáreas. La tendencia de esa superficie es claramente creciente, habiéndose plantado, solo en la última década, casi dos millones de hectáreas de olivar. El olivar es hoy el cultivo permanente más extendido en el mundo, ocupando el 1% de las tierras cultivadas del planeta y casi la cuarta parte de las tierras de cultivos leñosos permanentes. El patrimonio olivarero mundial se aproxima a los 900 millones de árboles, de los que más del 90% se dedican a la producción de aceite, que se consume ya en 184 países. Lo anterior significa que el cultivo del olivo y la producción de aceite de oliva ha superado espacialmente su hábitat de origen en la cuenca del Mediterráneo, y empieza a ocupar, cada vez más, espacios en otros continentes, tendiendo a internacionalizarse así su producción y, sobre todo, su consumo. La oferta mundial de aceite de oliva, que oscila actualmente entre 3 y 3.5 millones de toneladas al año, crece constantemente, habiéndose prácticamente triplicado en las últimas cinco décadas, tanto por el incremento de superficie e intensificación del cultivo en los países típicamente productores, como por la entrada en producción de nuevas grandes plantaciones, mayormente intensivas, en otros países.

El cultivo del olivar y la producción de aceite de oliva están, pues, actualmente en un momento de cambio trascendental, tanto desde el punto de vista productivo y tecnológico como comercial e institucional y político.

Tecnológicamente ha habido en las últimas décadas avances notables, debidos a grandes esfuerzos en I+D, que permiten hoy considerar distintos tipos de sistemas productivos en olivar, desde el tradicional más marginal hasta el superintensivo cultivado en seto, y desde el cultivo más convencional hasta el totalmente ecológico. Asimismo, la mejora genética ha impulsado la diversidad varietal y los avances en las tecnologías de extracción y envasado del aceite han permitido introducir variantes en el producto final que determinan un gradiente de calidades y tipos, respondiendo así a las exigencias y preferencias de distintos nichos de consumo. Por lo que a los aspectos comerciales se refiere, frente a una oferta claramente creciente, la demanda, aunque tiende a crecer en los países de consumo emergente, está estancada o decrece ligeramente en los grandes países productores, que son también los grandes consumidores.

En estas condiciones de expansión de su producción y globalización de su consumo, el olivar deberá enfrentarse a algunos retos de futuro inmediato: además de los objetivos globales del sector agrario en general, como los procesos de relevo generacional, digitalización y ecologización, el olivar europeo deberá adaptarse a la nueva reforma de la PAC que obliga a un proceso de convergencia de las ayudas directas al olivar, y favorece la aplicación de eco-esquemas, apoyando el cumplimiento en las explotaciones olivareras de prácticas agrarias que favorezcan el medio ambiente.

Por otra parte, el ya evidente proceso de cambio climático en el planeta, podría, en un futuro próximo, afectar, de alguna manera, a la fenología del olivar, su requerimiento de agua de riego o su productividad, particularmente en las regiones más cálidas de la cuenca mediterránea, generándose así un nuevo reto tecnológico para poder identificar e intentar paliar estos efectos.

Los mercados, controlados mayormente por la gran distribución, debido a la relativa fragmentación del sector productor, a pesar de su considerable esfuerzo cooperativo, presentan, con frecuencia, fenómenos de volatilidad, no siempre explicables por el natural equilibrio oferta-demanda, y en situaciones han determinado para el aceite de oliva precios de venta al consumo casi de dumping. Por otra parte, los costes de producción, particularmente el de la mano de obra, han ido creciendo considerablemente, agravándose dicho crecimiento con las recientes consecuencias de la guerra en Ucrania, que ha afectado también, sensiblemente al alza, a los costes de comercialización y transporte, poniendo a algunas explotaciones, particularmente de olivar tradicional de montaña, al límite de su rentabilidad. Estas subidas de costes repercutirán sin duda a corto plazo en una elevación de los precios del aceite de oliva al consumidor, lo que podría cristalizar en un retraimiento de la demanda.

Otro problema reciente para el aceite de oliva es la normativa europea de calidad alimentaria Nutri-Score, un sistema de etiquetado frontal que pretende evaluar, con una calificación global de calidad sin matices, los contenidos de nutrientes de los alimentos. En dicha norma, de momento de aplicación opcional, aunque asumida ya por varios países europeos, el aceite de oliva no sale muy bien parado, pues no se tienen suficientemente en cuenta las propiedades beneficiosas que sin duda posee. De implantarse como obligatorio este sistema de etiquetado, tal y como está hoy concebido, el consumo de aceites de oliva en el importante mercado de la Unión Europea podría verse sensiblemente afectado, al perjudicarse su imagen de cara al consumidor.

Por lo que a España respecta, al ser el primer país productor de aceites de oliva, y uno de los grandes consumidores mundiales, la problemática actual le afecta con particular intensidad. Para complicar el panorama un importante país consumidor e importador como es Estados Unidos impuso en octubre del 2019 elevados aranceles a la entrada en su mercado de aceite de oliva español envasado, como consecuencia de guerras comerciales que nada tienen que ver con el olivar. Este incremento, que durante su año y medio de vigencia ha tenido efectos muy negativos para una parte de las exportaciones españolas a Estados Unidos de aceite de oliva envasado, ha sido coyunturalmente eliminado durante cuatro meses a partir de principios de marzo de 2021, dando un respiro al sector que se ha ampliado recientemente hasta 2026.

Ante este panorama, la Academia Andaluza de Ciencia Regional (AACR), en contacto con la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, se planteó ya en 2019 la organización de un congreso en el que se abordasen, por expertos de los distintos países interesados y afectados por la problemática del cultivo, los distintos aspectos de actualidad del olivar y su producto

principal el aceite de oliva. El congreso, con la denominación de Congreso Internacional de Olivar y aceite de Oliva, CIAO2022, estaba en principio pensado para realizarse en 2020, y se tuvo que retrasar debido a la pandemia, llevándose a cabo por fin a finales de mayo de 2022. La idea del congreso era constituirse en un foro científico de discusión sobre la situación actual del olivar y el aceite de oliva y aportar análisis e ideas que puedan cristalizar en posibles soluciones, tanto tecnológicas y comerciales como institucionales y políticas.

Para ello, las sesiones del CIAO se organizaron sobre cuatro grandes ejes temáticos:

- Aceite de oliva: producción, tipos y características
- Sistemas de cultivo del olivar: aspectos técnicos y económicos
- Olivar, medioambiente y territorio: el olivar en el desarrollo rural
- Mercados, consumo y demanda: estrategias de marketing

Los importantes aspectos institucionales y políticos en torno al olivar y al aceite de oliva tuvieron en el CIAO un tratamiento fundamental, de naturaleza transversal, pues se abordaron en las sesiones de los cuatro ejes temáticos.

Los contenidos del CIAO2022 se desarrollaron en cinco conferencias invitadas en sesión plenaria, y la presentación de 76 resúmenes de comunicación en las distintas sesiones paralelas. En esta publicación se recogen los contenidos correspondientes a 52 de esas comunicaciones de las que se ha recibido un texto definitivo. El orden en el texto no responde a su temática sino al de presentación de manuscritos para su publicación.

El presente volumen contiene trabajos sobre los siguientes temas:

- **Sistemas de cultivo y agronomía del olivar** (incluyendo olivar ecológico y biodiversidad): se presentan, entre otros, temas de control de erosión y manejo de suelos, mecanización, abonado, efectos de aplicación al suelo de alpeorujo y compost de alpeorujo, técnicas de diagnóstico de nutrientes en suelo, hojas y savia, problemas ligados a la expansión del olivar superintensivo y en seto, gestión cooperativa de cubiertas vegetales y residuos de poda para aprovechar el beneficio de los eco-esquemas, estudio de la sostenibilidad ecológica y económica en olivares de secano y regadío. Asimismo, se presenta un análisis de relación de la estructura y el tamaño de las explotaciones olivareras con los tiempos de trabajo de las distintas labores de cultivo y recolección, y otro sobre el efecto de la parcelación de las explotaciones olivareras en los costes de producción.

- **Retos y oportunidades de la bioeconomía circular en olivar:** Sobre esta temática se incluyen trabajos sobre aspectos diversos como el cálculo de los recursos biomásicos (madera de poda, huesos, alpeorujo y hojín) del olivar andaluz, que se estiman en 9.6 millones de toneladas/año, y varios estudios que abordan distintas formas de revalorización de restos de poda y otros subproductos del olivar, así como el compostaje de lodos y efluentes de balsas de

almazara. Asimismo, se presenta un análisis del papel del olivar en la mitigación del cambio climático, estimando la huella de carbono asociada a la producción de aceite de oliva en 1.75 t. CO2/ ha y año, y otros trabajos que tratan de analizar las oportunidades e identificar los factores habilitantes y limitantes de las explotaciones olivareras para el desarrollo de la bioeconomía circular. Se incluye también un estudio sobre la percepción y la disposición a pagar, por distintos tipos de consumidores, por los atributos de la bioeconomía circular en la producción de aceites de oliva, y se estima en torno a 0.2 euros/litro la disposición media a pagar por dichos atributos, y otro trabajo en el que se determinan actuaciones que mejorarían la posibilidad de desarrollar una economía circular en la producción de aceites de oliva. También se incluye una propuesta sobre diseño de instrumentos innovadores de política agroambiental para el olivar basados en pagos por resultados.

- **Análisis del consumo y la demanda y los mercados internacionales.** Respecto a los mercados se presentan análisis comparados del conocimiento y el comportamiento de los consumidores respecto al consumo de aceite de oliva en distintos países productores y no productores, trabajos sobre la imagen on-line de las cooperativas olivareras y los factores que favorecen dicha imagen y sobre la problemática planteada por el etiquetado nutricional Nutri-score, sugiriendo modificaciones para adaptarlo a la realidad de los aceites de oliva. También se trata el tema de etiquetaje en los aceites de oliva y la posible confusión del consumidor ante los diferentes sellos o signos que se incorporan a los envases. Otros trabajos tratan sobre el interés de la biodiversidad en el olivar desde la perspectiva del consumidor, sobre el efecto sobre el consumo de compuesto bioactivos en aceites de oliva funcionales, y sobre los cambios en los pigmentos y perfil colorimétrico de aceites de oliva de la variedad Picual durante la conservación en supermercados. Además, se determinan y analizan algunos factores que influyen en la artificialidad en los procesos de cata hedónica de aceites de oliva. Otros temas incluidos son el análisis de las perspectivas del mercado oleícola mediante series temporales, y de la cadena de valor en los aceites de oliva vírgenes,

- **Extracción de aceites de oliva: tecnologías y calidades**. Sobre esta temática se incluyen en el texto varios trabajos, analizando los efectos de las mezclas de variedades en la calidad del aceite, los parámetros básicos de los aceites con DOP en la provincia de Granada, y el compostaje de productos de almazara como alternativa a su valorización. Un trabajo expone los efectos de la reducción de oxígeno durante la molienda y el batido sobre los parámetros de calidad físico-química del aceite, mostrando cómo esta práctica modula el contenido de fenoles y compuestos volátiles y evita la degradación.

- **El olivar en el desarrollo rural endógeno de los territorios:** se abordan distintos trabajos relativos a esta temática, entre ellos: Un análisis sobre la capacidad del sector olivarero para adoptar innovaciones, identificando los agentes relevantes en cuanto a capacidad de innovación y de influencia para transmitir conocimiento (efecto spillovers), y algún

trabajo sobre oleoturismo, determinando directrices para adaptar la oferta de actividades oleoturísticas a la demanda. Se incluyen, asimismo, un análisis de la estrategia desarrollada para incluir los paisajes de olivar en la lista de Patrimonio Mundial de la Unesco, presentando componentes, valores y atributos de dichos paisajes. y un trabajo que pone de manifiesto como los distintos grupos de interés vinculados al sector del olivar y el aceite de oliva perciben la capacidad de los instrumentos de política vigentes para contribuir a la provisión de servicios ecosistémicos en el olivar de montaña.

Otros temas de los que también se trata en el texto son:

- **Plagas y enfermedades del olivar:** se abordan resultados de ensayos de control biológico de la mosca del olivo, basado en la aplicación al suelo del hongo entomopatógeno *Metarhizium brunneum*, y la influencia de abonos químicos en la diversidad de artrópodos en el Alentejo portugués.

- **Uso del agua en olivar:** se han incluido trabajos sobre software para el control de riego de precisión en olivar, y sobre respuesta del olivar al riego deficitario sostenido y regulado.

- **Mejora Genética:** se incluyen análisis de la caracterización agronómica de nuevos cultivares obtenidos en el programa marroquí de mejora genética del olivar, de la evaluación en cultivares de la resistencia genética a la mosca del olivo, así como de la determinación de aspectos cuantitativos y cualitativos de peroxidasas en cultivo de tejidos mediante marcadores bioquímicos de las capacidades de embriogénesis de varios cultivares de olivo.

- **Historia del olivar y del uso del aceite de oliva:** sobre aspectos históricos se han incluido un trabajo sobre el cultivo del olivar en Creta, su evolución y su situación actual, un análisis de documentos históricos sobre la situación del olivar en la crisis agraria de finales del siglo XIX en territorios de Granada, y un análisis del tratamiento que dan al olivar y al aceite de oliva los antiguos textos de agricultura y geoponía desde el siglo V a.C. hasta el siglo XVI y su relación con la evolución tecnológica del cultivo del olivo y la extracción de aceite a través de los siglos.

La Academia Andaluza de Ciencia Regional, trata, con la publicación de estas actas, de difundir muchos de los resultados que se presentaron durante el desarrollo de las sesiones del CIAO2022, en los que se abordan aspectos de las distintas problemáticas y retos para un futuro inmediato que se le plantean al cultivo del olivar y a la producción de aceites de oliva.

FACTORES HABILITANTES Y LIMITANTES PARA EL DESARROLLO DE LA BIOECONOMÍA CIRCULAR EN EL SECTOR DEL ACEITE DE OLIVA: EL CASO DE ANDALUCÍA

Gómez-Limón, José A. Universidad de Córdoba y Grupo WEARE, jglimon@uco.es
Villanueva, Anastasio J. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA) y Grupo WEARE, anastasioj.villanueva@juntadeandalucia.es
Borrego-Marín, María M. Universidad de Sevilla y Grupo WEARE, mbmarin@us.es
Berbel, Julio. Universidad de Córdoba y Grupo WEARE, es1bevej@uco.es

RESUMEN: El presente trabajo tiene por objetivo analizar los factores habilitantes y limitantes para el desarrollo de iniciativas empresariales en el ámbito de la bioeconomía circular (BEC) relacionadas con el sector del aceite de oliva en Andalucía. La metodología seguida para su realización ha consistido en la selección de una muestra de empresas andaluzas del sector con líneas de negocio basadas en actividades de BEC, en la realización de entrevistas extensas a las personas gestoras para la identificación de los factores habilitantes y limitantes de tales líneas de negocio, y en la agregación de la información cuantitativa recogida para la realización de un análisis descriptivo sectorial. Los principales resultados que se desprenden de dicho análisis es que los factores habilitantes que han fomentado el desarrollo de estas iniciativas han sido principalmente el 'Conocimiento tecnológico específico', seguido de cerca por el 'Compromiso ético con el medio ambiente' y la 'Rentabilidad privada'. Por su parte, aquellos factores que han actuado como limitantes han sido, en primer lugar, la 'Burocracia', seguida por las 'Barreras tecnológicas' y, en igualdad de importancia, 'Normativa reguladora de la actividad' y 'Necesidades financieras'.

PALABRAS CLAVE: Bioeconomía, Economía circular, Andalucía, Empresas, Olivar.

ABSTRACT: The present work aims to analyze the enabling and limiting factors for the business development in the field of circular bioeconomy (CBE) related to the olive oil sector in Andalusia. The analysis relies on a survey of a selection of successful Andalusian companies with businesses focused on CBE activities, extensive interviews with firm managers to identify the enabling and limiting factors for business success, and the aggregation of the quantitative information collected to derive a basic sectoral descriptive assessment. The main results that emerge from this analysis are that, on the one hand, the enabling factors that have fostered the development of these initiatives have been mainly 'Specific technological knowledge', closely followed by 'Ethical commitment to the environment' and 'Private profitability'. On the other hand, the factors that have functioned as limiting factors have been, in the first place, the 'Bureaucracy', followed by 'Technological barriers' and, with equal level of importance, 'Regulations related to the activity' and 'Financial needs'.

KEYWORDS: Bioeconomy, Circular economy, Andalusia, Business, Olive sector.

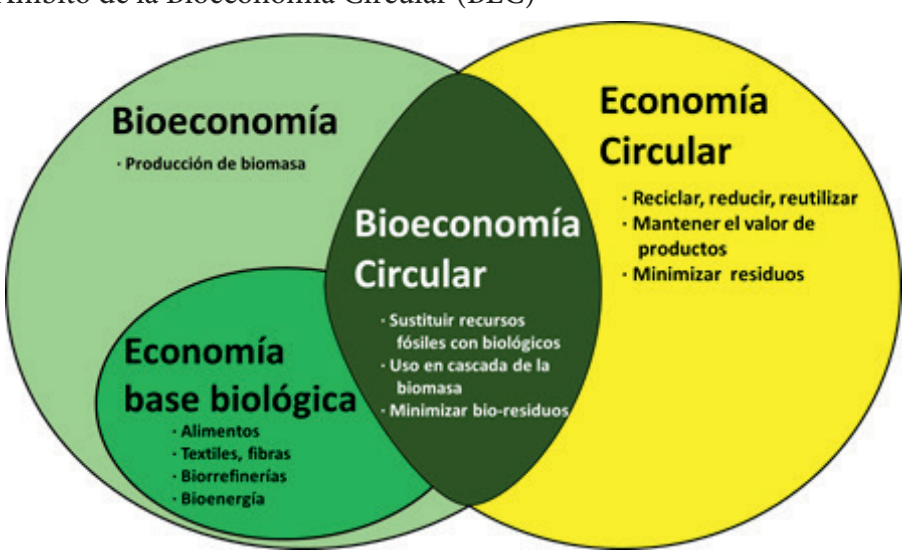
1. INTRODUCCIÓN

La *bioeconomía circular* (BEC) integra los conceptos de bioeconomía y economía circular con la vocación de representar un modelo económico sostenible económica, social y ambientalmente (Carus y Dammer, 2018; Kardung *et al.*, 2021). La *bioeconomía* engloba al conjunto de las actividades económicas relacionadas con la producción, transformación y utilización, directa o indirecta, de recursos de origen biológico con el fin de producir y transformar biomasa para el suministro de alimentos, piensos, materiales, energía y servicios demandados por los ciudadanos (EC, 2018). La *economía circular* es un modelo de producción, distribución y consumo en el que el valor de los productos, materiales y demás recursos permanece el mayor tiempo posible (p. ej., reciclando, reparando, etc.), potenciando su uso sostenible y eficiente y reduciendo al mínimo la generación de residuos (EC, 2015; Ghosh, 2020). La BEC envuelve, por tanto, elementos comunes a ambos conceptos, como son la mejora del uso de los recursos y la ecoeficiencia, la reducción de la huella de carbono, la reducción de la demanda de carbono fósil y la valorización de los residuos (Carus y Dammer, 2018).

La BEC implica a múltiples sectores económicos ya existentes, tales como: agricultura, ganadería, silvicultura, pesca y acuicultura (dentro del sector primario); industria alimentaria, textil, papelera, química, farmacéutica y cosmética, biotecnológica y energética, entre otras (dentro del sector industrial); así como el sector de servicios asociados (consultoría, logística, etc.). Por lo tanto, al hablar de sector de la BEC, se consideran aquellas actividades económicas con base biológica que a su vez aplican los principios de la circularidad en sus procesos productivos.

La Figura 1 ilustra el ámbito de estudio de la BEC.

Figura 1. Ámbito de la Bioeconomía Circular (BEC)



Fuente: Adaptado de Kardung *et al.* (2021).

La expansión de la BEC es deseable para el conjunto de la sociedad, no solo por la generación de riqueza y empleo asociada a este sector, sino también por los beneficios ambientales que genera en forma de externalidades positivas (lucha frente al cambio climático, conservación de recursos naturales, etc.) y minimización de las externalidades negativas (p. ej., asociadas a la generación de residuos). De hecho, la BEC está apareciendo en la agenda política cada vez con más intensidad, tanto a nivel internacional (OECD, 2018) y comunitario (EC, 2018), como a nivel nacional (MITECO, 2020) y autonómico (CAPDR, 2018). Las recientes iniciativas como el Pacto Verde Europeo (EC, 2019) y el nuevo plan de economía circular (EC, 2020) confirman el papel que se espera de la BEC en la Unión Europea del futuro, así como en cada una de sus regiones.

Dentro de este contexto, la valorización de los subproductos de la cadena de valor del aceite de oliva está despertando un gran interés a nivel mundial. Berbel y Posadillo (2018) hacen una revisión de las alternativas BEC para su valorización que van más allá de la conversión en compost o de la producción de energía, identificando oportunidades como producción de bioestimulantes para cultivos, alimentos funcionales para ganadería o acuicultura, ingredientes para panadería y bollería, insumos para cosmética, entre otros. En este trabajo veremos algunas aplicaciones que ya se están desarrollando en Andalucía.

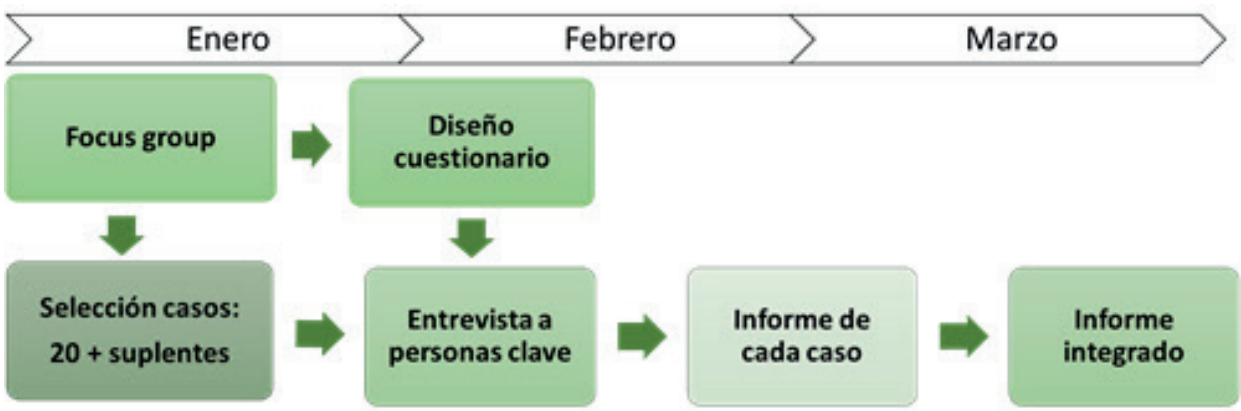
Con el fin de garantizar el adecuado uso de los recursos públicos, el apoyo de las diferentes administraciones implicadas en estas iniciativas políticas debe sustentarse en un correcto análisis del sector de la BEC. En este sentido, resulta muy útil examinar las actividades empresariales ya existentes, para conocer qué factores han facilitado y dificultado su desarrollo. Este análisis de factores habilitantes y limitantes resulta clave con el fin de apoyar la toma de decisiones públicas orientadas a diseñar e implementar instrumentos de política que fomenten de forma eficiente el crecimiento de este sector. En el caso del sector del aceite de oliva en Andalucía, un estudio de este tipo resulta particularmente relevante habida cuenta del moderado desarrollo de este sector a nivel regional, sobre todo en el caso de actividades económicas de alto valor añadido, y del amplio potencial que este presenta considerando la gran producción de biomasa en la región y la importancia del tejido productivo asociado al sector primario y a las industrias oleícolas. Este potencial ha quedado plasmado a nivel estratégico por parte de los decisores públicos a través de la Estrategia de Especialización Inteligente RIS3 de Andalucía, donde las Prioridades de Especialización Inteligente P3 "Aprovechamiento sostenible de los recursos endógenos de base territorial" y P6 "Investigación e innovación en agroindustria y alimentación saludable" están estrechamente relacionadas con el desarrollo de la BEC. En particular, las líneas de acción L32 "Nuevos procesos y productos para el aprovechamiento de los recursos agropecuarios" y L63 "Aprovechar las nuevas oportunidades en economía azul y economía verde", concretan el desarrollo de dichas prioridades estratégicas.

El presente análisis, por tanto, tiene por objetivo analizar los factores habilitantes y limitantes para el desarrollo empresarial de las iniciativas de BEC dentro sector del aceite de oliva, utilizando Andalucía como caso de estudio.

2. MÉTODO

El enfoque metodológico seguido ha consistido en la realización de entrevistas extensas a una muestra de empresas andaluzas con líneas de negocio basadas en actividades de BEC relacionadas con el sector del aceite de oliva. Estas entrevistas se realizaron utilizando un cuestionario semiestructurado al objeto de recabar información sobre las iniciativas BEC desarrolladas, así como la identificación de los factores habilitantes y limitantes de tales líneas de negocio. La Figura 2 muestra la metodología de trabajo seguida, así como la programación de las distintas tareas realizadas a lo largo del primer trimestre del año 2021.

Figura 2. Metodología de trabajo seguida para la elaboración del estudio



Fuente: elaboración propia.

Para la selección de los casos empresariales objeto de estudio, se establecieron los siguientes cuatro criterios:

1. Los casos de estudio a seleccionar deben ser empresas, como entes con personalidad jurídica responsables de la gestión de las actividades productivas.
2. Empresas que desarrollen líneas de negocio basadas en actividades de BEC, entendidas como la combinación de los conceptos de bioeconomía (actividades económicas relacionadas con la producción, transformación y utilización, directa o indirecta, de recursos de origen biológico) y economía circular (modelos de producción, distribución y consumo en el que el valor de los productos, materiales y demás recursos permanece el mayor tiempo posible), tal y como se muestra en la Figura 1, todas ellas relacionadas con el sector del aceite de oliva.
3. Empresas que tengan localizadas sus operaciones de BEC en Andalucía, aunque su sede legal se sitúe fuera de esta Comunidad Autónoma.
4. Empresas comercialmente activas.

Sobre la base de estos criterios se buscaron las posibles empresas a analizar como casos de estudio a partir de las siguientes fuentes:

- Empresas que habían mostrado su interés en participar en el proceso de constitución del futuro Clúster de Bioeconomía de Andalucía (http://www.bioeconomiaandalucia.es/cluster-de-bioeconomia).
- El catálogo de casos de éxito en prácticas de BEC elaborado como documento de apoyo para la redacción de la Estrategia Andaluza de Bioeconomía Circular (EABC).
- Búsqueda *ad hoc* realizada por el equipo investigador a partir de su experiencia previa en esta temática y de informaciones en internet y en prensa especializada.
- Aportaciones de las personas asistentes al *focus group* a partir de su experiencia y conocimiento previo. El *focus group* estuvo compuesto, además de por el equipo investigador, por personal de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible (CAGPDS) de la Junta de Andalucía (3), el Instituto para la Investigación y Formación Pesquera y Agraria (IFAPA) (2), la empresa Tecnología y Servicios Agrarios S.A (Tragsatec) (1), el Campus de Excelencia Internacional Agroalimentario (CeiA3) (1), la Universidad de Almería (1), la Fundación Cajamar (1), y de la consultoría independiente (2), todas ellas personas con amplia experiencia en temas de BEC.

Siguiendo este procedimiento, se seleccionaron un total de 12 iniciativas empresariales. Las personas integrantes del equipo de investigación intentaron contactar con las empresas seleccionadas, y durante el proceso se descartaron cuatro por diferentes motivos (ya no desarrollan líneas de negocio basadas en BEC, no se pudo contactar con ellas o, simplemente, porque no accedieron a ser entrevistadas). Finalmente, se entrevistaron un total de ocho iniciativas empresariales, repartidas entre las provincias de Jaén (4), Córdoba (3) y Málaga (1). Estas iniciativas empresariales se clasificaron en base a su actividad económica, distinguiéndose los siguientes sectores de BEC: a) gestión, aprovechamiento y valorización de subproductos de la industria oleícola (4); b) gestión, aprovechamiento y valorización de subproductos del olivar (2); y c) aprovechamientos de alto valor añadido enmarcados dentro de la BEC (2). La Tabla 1 recoge los nombres y principales datos de las iniciativas empresariales entrevistadas.

Las entrevistas mantenidas con cada uno de los responsables de las empresas tuvieron una duración media de 1,5 horas, realizándose entre febrero y marzo de 2021. La información cuantitativa recogida por los cuestionarios, en relación con la importancia relativa tanto de factores habilitantes como limitantes del desarrollo de las líneas de negocio de BEC, fue introducida en una base de datos para un análisis descriptivo básico. Dadas las limitaciones derivadas del escaso tamaño muestral (n=8), no se ha podido realizar ningún análisis estadístico adicional para contrastación de hipótesis. En este sentido, la información cuantitativa anterior ha sido analizada por las personas autoras junto con la información cualitativa igualmente recogida en las entrevistas, al objeto de identificar patrones de respuestas comunes y derivar así las principales conclusiones del estudio.

Tabla 1. Casos de estudios BEC entrevistados.

Sector	*Nombre legal / **Nombre abreviado***	*Localización de las actividades BEC*	*Web*
Subproductos de la industria oleícola	Aceites del Sur-Coosur S.A. / **Acesur**	Vilches, Puente del Obispo, Jabalquinto (JA)	www.acesur.com
	Bioliza S.L. / **Bioliza**	Jaén (JA)	www.bioliza.es
	DCOOP S.C.AND. / **Dcoop**	Antequera (MA)	www.dcoop.es
	Oleícola El Tejar Ntra. Sra. de Araceli S.C.AND. / **El Tejar**	Córdoba (CO)	www.eltejar.sbsoftware.es
Subproductos del olivar	Castillo de Canena Olive Juice S.L. / **Castillo de Canena**	Canena (JA)	www.castillodecanena.com
	Olivarera Los Pedroches S.C.AND. / **Olipe**	Pozoblanco (CO)	www.olipe.com
Aprov. alto valor añadido	Elayotecnia S.L. / **Elayo**	Castillo de Locubín (JA)	www.elayo.es
	Oleicfat S.L. / **Oleicfat**	Puente Genil (CO)	www.oleicfat.com

Fuente: elaboración propia.

3. INICIATIVAS EMPRESARIALES ANALIZADAS

Como se ha comentado con anterioridad, las iniciativas empresariales seleccionadas se han clasificado en tres grupos, atendiendo a la actividad económica que realizan. A continuación, se describen brevemente las empresas seleccionadas como caso de estudio incluidas en cada uno de estos grupos.

3.1. Gestión, aprovechamiento y valorización de subproductos de la industria oleícola

Se han seleccionado cuatro empresas dentro del sector de subproductos de la industria oleícola, incluyendo: Acesur, Bioliza, Dcoop, y El Tejar.

Acesur es una empresa que tradicionalmente se ha dedicado a la producción, envasado y comercialización de aceite de oliva que emplea a casi 400 personas. A partir de 2004 se crea Enersur, la filial que integra la rama de negocio centrada en las energías renovables, a través de la cual se realiza el ciclo integrado de la gestión del olivar y de todos sus residuos. Los principales productos que comercializa dentro de la BEC son relativos al aprovechamiento energético (biodiesel, biocombustibles sólidos para aprovechamiento térmico y energía eléctrica), a partir del tratamiento y recuperación del alperujo, hueso y orujillo.

Bioliza es una Empresa Basada en el Conocimiento (EBC), *spin-off* de la Universidad de Jaén. Su principal actividad es el diseño y puesta en marcha de instalaciones de aprovechamiento energético de los subproductos de origen agrícola y forestal, así como sus industrias de transformación. Concretamente, su actividad empresarial se centra en el desarrollo de instalaciones de gasificación para la obtención de gas renovable (syngas o gas de síntesis) y biochar (un tipo de carbón vegetal) a partir de estos subproductos. El primer proyecto contratado en este sentido ha sido el de Aceites Guadalentín SL (Pozo Alcón, Jaén). Además de estos servicios de ingeniería, la empresa trabaja en paralelo en otras actividades de consultoría y formación, que hasta ahora han supuesto el grueso de la facturación de la empresa.

Dcoop es una gran cooperativa alimentaria de segundo grado. No en vano, es el mayor productor oleícola mundial y una empresa líder en producción de vino, y además, opera de forma relevante en los sectores de suministros, ganadería, frutos secos y cereales. Sus socios son empresas, la gran mayoría cooperativas, que a su vez tienen como socios a 75.000 agricultores y ganaderos. La BEC juega un papel cada vez más importante en la empresa, siendo uno de los cuatro pilares fundamentales en los que se sustenta su plan de I+D+i, representando la mitad del presupuesto dentro de este plan. La BEC está presente de diversas formas dentro del grupo Dcoop, ya sea en la optimización del uso de energía eléctrica, el uso de energías renovables (p. ej., con numerosas instalaciones de energía solar o de biomasa a partir de subproductos de almazara), el uso eficiente de recursos por parte de los agricultores (p. ej., agroquímicos) o el uso de restos de poda para conservación de suelo en campo. También está trabajando en nuevas líneas de valorización, entre las que destacan el uso de alperujo y otros subproductos agrarios para alimentación animal o la extracción de polifenoles de aguas residuales de la agroindustria.

El Tejar es una cooperativa de segundo grado donde se asocian más de 248 cooperativas oleícolas de primer grado (representa aproximadamente un tercio del sector oleícola andaluz). Su actividad se centra en la extracción del aceite de orujo del alperujo y el aprovechamiento energético (energía eléctrica a partir de este y otros subproductos del olivar), siendo pionera en este tipo de aprovechamiento dentro del sector oleícola. Presenta una tercera línea de negocio, que se está desarrollando desde hace unos años, basada en la biorrefinería de compuestos funcionales y de alto valor (p. ej., polifenoles) y que cuenta con la colaboración de una empresa tecnológica especializada (Natac), entre otras actividades de valorización (p. ej., fertilizantes a partir de cenizas procedentes de la planta de biomasa).

Las dos empresas seleccionadas en el sector de la gestión, el aprovechamiento y la valorización de subproductos del olivar (que incluyen subproductos de almazara, así como del resto de eslabones productivos desde la explotación agraria[1]) han sido Castillo de Canena, una empresa familiar jiennense creada en 2003 y, Olipe, una cooperativa constituida en 1957 en Pozoblanco (Córdoba).

1 Tanto Dcoop como El Tejar podrían haberse incluido también en este grupo, si bien se ha considerado más pertinente incluirlo en el anterior por estar más centrados en la valorización de subproductos de almazara.

Las principales actividades de BEC que **Castillo de Canena** lleva a cabo están vinculadas al compostaje del alperujo, del estiércol (procedente de sus ovejas) y de la hoja de la aceituna. También está trabajando en la valorización de subproductos de almazara para la alimentación animal (ya sean de sus ovejas o, en un futuro, de especies avícolas) y de los restos de poda para fertilización, a través del Proyecto CDTI Biferoliva, junto con las Universidades de León y Jaén.

En lo que respecta a **Olipe**, las principales actividades de BEC que desarrolla están centradas en el compostaje del alperujo aprovechando igualmente subproductos ganaderos (proyecto SUBPGAN), en el desarrollo de materiales plásticos para menaje a partir del hueso de la aceituna (proyecto GOOLIVA), y en el aprovechamiento del aceite de oliva no adecuado para el consumo humano como ingrediente de la cosmética natural. Además, tiene caldera de biomasa y planta fotovoltaica para mejorar su balance energético.

3.2. Gestión, aprovechamiento y valorización de subproductos del olivar

Las dos empresas seleccionadas en el sector de la gestión, el aprovechamiento y la valorización de subproductos del olivar (que incluyen subproductos de almazara, así como del resto de eslabones productivos desde la explotación agraria) han sido Castillo de Canena, una empresa familiar jiennense creada en 2003 y, Olipe, una cooperativa constituida en 1957 en Pozoblanco (Córdoba).

Las principales actividades de BEC que **Castillo de Canena** lleva a cabo están vinculadas al compostaje del alperujo, del estiércol (procedente de sus ovejas) y de la hoja de la aceituna. También está trabajando en la valorización de subproductos de almazara para la alimentación animal (ya sean de sus ovejas o, en un futuro, de especies avícolas) y de los restos de poda para fertilización, a través del Proyecto CDTI Biferoliva, junto con las Universidades de León y Jaén.

En lo que respecta a **Olipe**, las principales actividades de BEC que desarrolla están centradas en el compostaje del alperujo aprovechando igualmente subproductos ganaderos (proyecto SUBPGAN), en el desarrollo de materiales plásticos para menaje a partir del hueso de la aceituna (proyecto GOOLIVA), y en el aprovechamiento del aceite de oliva no adecuado para el consumo humano como ingrediente de la cosmética natural. Además, tiene caldera de biomasa y planta fotovoltaica para mejorar su balance energético.

3.3. Aprovechamientos de alto valor añadido

Finalmente, se han seleccionado dos iniciativas empresariales que destacan por ser aprovechamientos de alto valor añadido dentro del sector oleícola: Elayo y Oleicfat.

Elayo es una empresa familiar que inicia su actividad en 2009, y que está especializada en el tratamiento integral de la aceituna (incluida la valorización de subproductos) para la obtención de productos de alto valor añadido. Su modelo de negocio reside en la innovación y optimización en los procesos productivos de aceite de oliva, planteando nuevos procesos donde se separan diferentes

partes de la aceituna (pulpa, hueso, hojas, piel) para extraer y/o producir de forma selectiva nuevos productos: aceites y harinas de aceituna deshidratada y de semilla de olivo, biomoléculas saludables de hojas y la piel de la aceituna, o exfoliantes de parte leñosa del hueso, entre otros muchos.

Por último, **Oleicfat** es una empresa familiar industrial emplazada en Puente Genil (Córdoba), especializada desde sus orígenes (1996) en valorizar subproductos derivados del aceite de oliva (especialmente del aceite lampante tratado en las refinerías de aceite). Opera en mercados internacionales (Europa, África y Asia), presentando como clientes a industrias mineras y de curtidos, entre otras, que adquieren una variedad de productos que abarcan desde escualeno vegetal procedente del aceite de oliva hasta concentrado de ácido oleico.

Dentro de las empresas del sector oleícola con aprovechamientos de alto valor añadido cabe señalar el caso de Sophim en la provincia de Almería, dedicada a la extracción de escualeno para la industria cosmética a partir de subproductos de la industria del aceite. No obstante, esta empresa ha quedado fuera de este trabajo por razones de espacio. Para más información, el lector interesado puede consultar el trabajo de Berbel et al. (2021).

La Figura 3 muestra la localización de las empresas andaluzas analizadas en base a su localización geográfica en las diferentes provincias andaluzas.

Figura 3. Localización de las iniciativas BEC analizadas



Fuente: elaboración propia.

4. RESULTADOS

4.1. Factores habilitantes

La literatura académica especializada (Sheppard *et al.*, 2011; Wesseler y von Braun, 2017) ha identificado diferentes fuerzas motrices o *drivers* detrás del desarrollo de las actividades de BEC. Kardung *et al.* (2021) clasifican estas fuerzas motrices en las siguientes categorías:

1. *Tecnología e innovación*: avances de ciencias biológicas, en tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y otros avances tecnológicos sectoriales (p. ej., ingeniería de materiales).
2. *Organización del mercado*, que incluye el proceso de globalización y los procesos de integración empresarial, tanto horizontales como verticales.
3. *Presión sobre los ecosistemas y el cambio climático* (generación de residuos y fuentes de contaminación), que condiciona la disponibilidad de recursos naturales (p. ej., biomasa).
4. *Preferencias en el consumo*, que cada vez más valora los atributos relacionados con el medio ambiente incorporados en los bienes de consumo.
5. *Desarrollo económico y demografía*.

Además, estas publicaciones destacan el papel clave de las políticas públicas en el desarrollo de las actividades de BEC, mediante múltiples tipos de incentivos y regulaciones recogidas en distintas políticas sectoriales (agraria, medio ambiente, I+D, etc.), con las que las entidades públicas tratan de dar respuesta a las actuales demandas sociales.

El cuestionario utilizado para las entrevistas ha tratado de recoger el papel de las fuerzas motrices, las demandas sociales y las políticas públicas como posibles factores habilitantes de las actividades de BEC en las empresas andaluzas. Para ello, se ha preguntado expresamente a las personas entrevistadas sobre una serie de motivaciones empresariales que explican el desarrollo de estas actividades, tal y como se reflejan en la Tabla 2.

Tabla 2. Factores habilitantes para la realización de negocios basados en BEC.

Fuerza motriz / Demanda social / Políticas públicas	*Motivación empresarial*
Tecnología e innovación	• Conocimiento tecnológico específico.
Organización del mercado	• Rentabilidad privada • 'Reciclaje' de activos fijos disponibles
Presión sobre los ecosistemas y cambio climático	• Compromiso ético con el medio ambiente • Necesidad en la gestión de residuos.
Preferencias en el consumo	• Imagen/reputación corporativa
Políticas públicas	• Apoyo de las administraciones públicas • Regulación ambiental obligatoria

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 3, se puede apreciar la valoración media de la importancia de los diferentes factores habilitantes de actividades de BEC para el conjunto de empresas entrevistadas.

Tabla 3. Importancia de los factores habilitantes para el desarrollo de negocios basados en BEC.

Factores habilitantes	*Importancia media (0-10)*	*Ranking*
Conocimiento tecnológico específico	8,9	1º
Compromiso ético con el medio ambiente	8,1	2º
Rentabilidad privada	7,8	3º
Imagen/reputación corporativa	7,8	3º
Necesidad en la gestión de residuos	5,6	5º
Apoyo de las administraciones públicas	5,3	6º
'Reciclaje' de activos fijos disponibles	5,1	7º
Regulación ambiental obligatoria	3,3	8º

Fuente: elaboración propia.

Como puede apreciarse, el factor habilitante más destacado (puntuación promedio de 8,9) es el 'Conocimiento tecnológico específico'. Este resultado no es sorprendente, ya que la implementación de estas actividades se basa de forma mayoritaria en nuevos conocimientos tecnológicos, principalmente de carácter biológico y bioquímico. En segunda posición, dentro de las motivaciones para el desarrollo de actividades de BEC, se sitúa el 'Compromiso ético con el medio ambiente', con una puntuación promedio de 8,1. Esta elevada puntuación evidencia que la concienciación empresarial en favor del medio ambiente resulta un factor habilitante clave para la puesta en marcha de estas líneas de negocio.

El tercer puesto lo comparten la 'Rentabilidad privada' y la 'Imagen/reputación corporativa', ambas motivaciones con puntuación de 7,8. Este resultado evidencia la exigencia de una mínima rentabilidad de las actividades de BEC para su desarrollo, al igual que en cualquier otra actividad empresarial. Efectivamente, solo en el caso de que estas líneas de negocio resulten atractivas por su rentabilidad privada, estas van a poder atraer inversiones privadas que las desarrollen. Sin embargo, de la información cualitativa obtenida de las entrevistas, se deduce que muchas de las empresas analizadas no obtienen actualmente la rentabilidad privada suficiente de las actividades de BEC (menor rentabilidad que otras actividades de economía lineal). Y no solo por la actual coyuntura de crisis sanitaria y económica, sino por unos gastos de producción elevados y una fuerte competencia de otros productos competidores procedentes de actividades de economía lineal. De ello se deduce que las empresas del sector pueden estar pensando en el desarrollo de líneas de negocio basadas en la BEC como líneas rentables en un horizonte más a largo plazo, siendo conscientes de que los niveles de rentabilidad privada deseados no se alcanzarán hasta pasado un periodo más o menos dilatado para su establecimiento y desarrollo. Por su parte, la

relevancia de la motivación de la 'Imagen/reputación corporativa' tiene su explicación en el hecho de que las empresas del sector producen mayoritariamente bienes de consumo (excepto las de aprovechamiento de alto valor añadido). En estos casos, una gestión ambientalmente responsable de los subproductos y residuos, más allá de las exigencias regulatorias, supone un atributo comercial que puede favorecer la distribución de sus productos principales (exigencias ambientales de las grandes cadenas de distribución alimentaria y concienciación ambiental del consumidor/a final).

4.2. Factores limitantes

Por su parte, Gottinger *et al.* (2020) han realizado un estudio reciente, sobre el proceso de transición hacia iniciativas empresariales de BEC, basado en la literatura académica disponible, en el que han clasificado las principales barreras encontradas en seis categorías:

1. *Política y regulación,* que incluye barreras relacionadas con políticas o regulaciones existentes e inexistentes y problemas de implementación de políticas.
2. *Tecnología y materiales*, que engloba aspectos técnicos relacionados con la aplicación de tecnologías y el desarrollo de productos, así como a la disponibilidad de insumos materiales, estructuras de proveedores e infraestructuras físicas.
3. *Condiciones de mercado e inversión,* que involucran barreras relacionadas con la demanda y creación de mercado, y con la movilización y disponibilidad de recursos financieros.
4. *Aceptación social,* que contiene barreras relacionadas con la conciencia pública.
5. *Conocimiento y redes,* que incluye barreras relacionadas con la creación y aplicación del conocimiento y con la existencia y desarrollo de redes eficientes.
6. *Rutinas y estructuras sectoriales,* que contiene barreras relacionadas con la disposición y/o restricción política, los bloqueos que se desarrollan con el tiempo y desafíos relacionados con los estándares dominantes.

Además, su análisis muestra que la literatura existente identifica las barreras relacionadas con 'Conocimiento y redes', 'Rutinas y estructuras sectoriales', 'Políticas y regulaciones' y 'Mercado y condiciones de inversión' como las más relevantes, poniendo menos énfasis en las barreras relacionadas con 'Aceptación social' y 'Tecnología y materiales'.

El cuestionario desarrollado para las entrevistas ha tratado de recoger las barreras o factores limitantes de las actividades de BEC en las empresas andaluzas relacionadas con el sector oleícola. Para ello, se ha preguntado expresamente a las personas entrevistadas sobre una serie de aspectos que puedan afectar negativamente al desarrollo de estas. La Tabla 4 recoge dichos factores y muestra su vinculación directa con cinco de las categorías de barreras identificadas por Gottinger *et al.* (2020).

Tabla 4. Factores limitantes para el desarrollo de negocios basados en BEC.

Barreras	*Factores limitantes de actividades de BEC*
Política y regulación	• Burocracia • Normativa reguladora de la actividad
Tecnología y materiales	• Tecnología • Logística
Condiciones de mercado e inversión	• Financiación • Mercado-competencia
Aceptación social	• Mercado-producto
Conocimiento y redes	• Recursos humanos

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 5, por su parte, se puede apreciar la valoración media de la importancia de los diferentes factores limitantes de actividades de BEC para el conjunto de empresas entrevistadas.

Tabla 5. Importancia de los factores limitantes para el desarrollo de negocios basados en BEC.

Factores limitantes	*Importancia media (0-10)*	*Ranking*
Burocracia	8,3	1º
Tecnología	6,9	2º
Financiación	6,5	3º
Normativa reguladora de la actividad	6,5	3º
Mercado-productos	4,9	5º
Recursos humanos	3,9	6º
Logística	3,5	7º
Mercado-competencia	3,4	8º

Fuente: elaboración propia.

Como puede apreciarse, la principal barrera es la 'Burocracia', con una puntuación promedio de 8,3, seguida con más de un punto de diferencia por la 'Tecnología' (puntuación promedio de 6,9), y por las barreras vinculadas a la 'Financiación' y la 'Normativa reguladora de la actividad', que comparten el tercer puesto, con una puntuación promedio de 6,5. Esta jerarquía evidencia que las ideas de negocio vinculadas a la BEC sufren las consecuencias de un sistema administrativo que obstaculiza su desarrollo, dada la lentitud en los plazos y la resolución de los trámites y permisos,

la complejidad de los mismos, así como la fragmentación competencial dentro de las propias administraciones. Asimismo, las personas entrevistadas coinciden en la necesidad de presentar una gestión dinámica y eficiente del I+D+i de cara a que las actividades de BEC puedan superar las carencias de conocimientos tecnológicos vinculadas a la innovación de procesos y productos. En este sentido, existe consenso entre los entrevistados en considerar que en la mayoría de las ocasiones la gestión y puesta en marcha de iniciativas de I+D+i requieren inversiones muy elevadas y que, en muchos casos, el desarrollo normativo va por detrás en el tiempo de estas iniciativas.

5. CONCLUSIONES

La BEC en el sector oleícola andaluz se encuentra todavía en una fase inicial de su desarrollo, si bien se observa cómo está progresando gradualmente. Se especializa sobre todo en aprovechar la biomasa local procedente del cultivo del olivo y de los subproductos de la industria oleícola, lo que justifica que estos subproductos se gestionen localmente, normalmente mediante procesos de BEC tradicionales (valorización energética y, en menor medida, compostaje). La mayoría de las iniciativas son posibles por la elevada dimensión de las empresas y su posición competitiva dentro de su actividad principal. El objetivo que llevan a gala las iniciativas seleccionadas es en todo caso conseguir el 'residuo cero' y la generación de valor a partir de la biomasa residual, un objetivo que cada vez está permeando en mayor medida en el sector oleícola en general.

Aun así, también existen iniciativas empresariales andaluzas emergentes con productos de mayor valor añadido, incluyendo compuestos utilizados como bioestimulantes, alimentación funcional (tanto animal como humana) o materiales para construcción (*building-blocks*), entre otros productos. Se trata de empresas con un crecimiento importante, denominadas 'gacelas'.

Sin embargo, también cabe destacar que a nivel regional están ausentes empresas del tipo 'biorrefinerías'. En la Unión Europea se estima en 800 el número de biorrefinerías con distintos niveles de madurez (comercial, demostración, piloto, I+D), pero la mayoría se localizan en la proximidad de los grandes puertos de aprovisionamiento de materias primas (*commodities*). Es por tanto natural que Andalucía, por su naturaleza periférica y lejanía a estos puertos (p. ej., Rotterdam, Hamburgo), se haya centrado en aprovechar su propia biomasa. No obstante, el modelo de 'biorrefinería' y la obtención de mayores compuestos de distinto grado de valor a través de enfoques productivos en cascada es claramente una asignatura pendiente de la BEC andaluza.

Se puede concluir, por tanto, que este "nuevo" sector de actividad se encuentra en una fase incipiente de desarrollo en Andalucía, en la medida en que está fuertemente sustentado en el conocimiento y la innovación. En cualquier caso, su expansión es deseable para el conjunto de la sociedad, no solo por la generación de riqueza y empleo asociada a su desarrollo, sino también por los beneficios ambientales que genera. Todo ello justifica el apoyo público para la promoción

del sector de la BEC relacionados con el sector del aceite de oliva, en la medida en que su desarrollo derivará en una mejora del bienestar del conjunto de la ciudadanía andaluza. De ahí la relevancia del presente estudio, que indaga sobre los factores habilitantes y limitantes para el éxito de iniciativas empresariales enmarcadas dentro de la BEC del sector oleícola en Andalucía. Del análisis realizado se derivan varias recomendaciones que podrían ser tenidas en cuenta por las administraciones públicas para promocionar este nuevo sector, entre las que cabe destacar la simplificación de trámites, la armonización legislativa a nivel nacional, impulsar acciones colaborativas (p. ej., clústers y hubs de empresas), facilitar la inversión (p. ej., fomentando modelos de capital-riesgo), o el apoyo específico a PYMEs (p. ej., apoyando la evaluación y la certificación ambiental).

AGRADECIMIENTOS

Este informe ha sido elaborado por el equipo de investigación del grupo WEARE (*http://www.uco.es/investiga/grupos/weare/*), con sede en la Universidad de Córdoba, por encargo de la Secretaría General de Agricultura, Ganadería y Alimentación de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible de la Junta de Andalucía, como parte del proyecto europeo POWER4BIO (*https://power4bio.eu/*, GA 818351).

REFERENCIAS

Berbel, J., Borrego-Marín, M.M., Gómez-Limón, J.A., Villanueva, A.J.; Cátedra, M. y Capote, M.C. (2021): *Factores habilitantes y limitantes para el éxito de iniciativas de bioeconomía circular en Andalucía.* Sevilla, Junta de Andalucía-Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible.

Berbel, J. y Posadillo, A. (2018): «Review and analysis of alternatives for the valorisation of agro-industrial olive oil by-products». *Sustainability,* 10(1), 237, doi: 10.3390/su10010237.

CAPDR (Consejería de Agricultura Pesca y Desarrollo Rural). (2018): *Estrategia Andaluza de Bioeconomía Circular*, Sevilla, Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Junta de Andalucía.

Carus, M. y Dammer, L. (2018): «The circular bioeconomy—Concepts, opportunities, and limitations». *Industrial Biotechnology,* 14(2), 83-91, doi: 10.1089/ind.2018.29121.mca.

EC (European Commission). (2015): *Closing the Loop - An EU Action Plan for the Circular Economy. COM(2015) 614 final*, Brussels, European Commission.

EC (European Commission). (2018): *A Sustainable Bioeconomy for Europe: Strengthening the Connection between Economy, Society and the Environment. COM(2018) 673 final*, Brussels, European Commission.

EC (European Commission). (2019): *The European Green Deal. COM(2019) 640 final*, Brussels, European Commission.

EC (European Commission). (2020): *A New Circular Economy Action Plan for a Cleaner and More Competitive Europe COM/2020/98 final*, Brussels, European Commission.

Ghosh, S.K. (ed.) (2020): *Circular Economy: Global Perspective*, Singapore, Springer Singapore, doi: 10.1007/978-981-15-1052-6.

Gottinger, A., Ladu, L. y Quitzow, R. (2020): «Studying the transition towards a circular bioeconomy—A systematic literature review on transition studies and existing barriers». *Sustainability,* 12(21), 8990, doi: 10.3390/su12218990.

Kardung, M., Cingiz, K., Costenoble, O., Delahaye, R., Heijman, W., Lovrić, M., van Leeuwen, M., M'Barek, R., van Meijl, H., Piotrowski, S., Ronzon, T., Sauer, J., Verhoog, D., Verkerk, P.J., Vrachioli, M., Wesseler, J.H.H. y Zhu, B.X. (2021): «Development of the circular bioeconomy: drivers and indicators». *Sustainability,* 13(1), 413, doi: 10.3390/su13010413.

MITECO (Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico). (2020): *España Circular 2030. Estrategia Española de Economía Circular*, Madrid, MITECO.

OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). (2018): *Meeting Policy Challenges for a Sustainable Bioeconomy*, Paris, OECD Publishing.

Sheppard, A.W., Gillespie, I., Hirsch, M. y Begley, C. (2011): «Biosecurity and sustainability within the growing global bioeconomy». *Current Opinion in Environmental Sustainability,* 3(1), 4-10, doi: 10.1016/j.cosust.2010.12.011.

Wesseler, J. y von Braun, J. (2017): «Measuring the bioeconomy: Economics and policies». *Annual Review of Resource Economics,* 9(1), 275-298, doi: 10.1146/annurev-resource-100516-053701.

PRODUCT AUTHENTICITY: CONCEPTUALIZATION FROM ORGANIC OLIVE OIL PRODUCERS' PERSPECTIVE

Veronica Marozzo, University of Messina (Italy), vmarozzo@unime.it
Alfonso Vargas-Sánchez, University of Huelva (Spain), vargas@uhu.es
Tindara Abbate, University of Messina (Italy), abbatet@unime.it
Augusto D'Amico, University of Messina (Italy), augusto.damico@unime.it

RESUMEN: El artículo explora la variable latente de la autenticidad del producto desde la perspectiva de los productores, habiendo seleccionado el contexto del aceite de oliva para este fin. Se aplicó una metodología cualitativa a través de entrevistas individuales en profundidad con miembros clave de la organización de dos empresas de aceite de oliva ecológico ubicadas en Andalucía (España). Los hallazgos proporcionan información relevante sobre las principales dimensiones del concepto de autenticidad desde la perspectiva de los productores de alimentos, sugiriendo implicaciones teóricas y de gestión.

PALABRAS CLAVE: Dimensiones de la autenticidad del producto, Aceite de oliva ecológico, Percepción de los productores, Andalucía.

ABSTRACT: The paper explores the latent constructs of product authenticity assuming the producers' perspective. For this aim, the context of olive oil is selected. A qualitative methodology was performed through individual in-depth interviews with key organizational members of two organic olive oil firms located in Andalucía (Spain). Findings provide relevant insights into the principal dimensions of the authenticity concept from the perspective of foodstuffs producers by suggesting theoretical and managerial implications.

KEYWORDS: Product authenticity dimensions, Organic olive oil, Producers' perception, Andalucía.

1. INTRODUCTION

The effects of agricultural markets' globalization have raised the perception of inauthentic products, addressing consumers to increasingly begin to search for real and someone genuine products (Gilmore and Pine, 2007). Product authenticity, generally defined with terms such as real, original, unique, genuine, and traditional (e.g., Beverland and Farrell, 2010), is frequently becoming an evaluation parameter during the consumer decision-making processes. However, the authenticity of foods is not easily observable and verifiable by consumers, and, for their evaluations and purchasing choices, they often rely on manufacturers' indications of authenticity (Kendall et al., 2019).

But is what producers offer in terms of authenticity the same as what consumers look for in authentic products? With this question in mind, this study aims to understand the producers' meanings of authenticity. Due to its high economic value compared to other foodstuffs, olive oil is considered at a high risk of adulteration. Therefore, product authenticity assumes particular relevance during the consumers' evaluation and decision-making process regarding this specific product. So, the growing consumers' attention to organic products could be linked to the authenticity indicators that consumers are looking for during their purchase process. For these reasons, we decided to perform a qualitative analysis based on the case studies approach, gathering primary data from semi-structured in-depth interviews with two key informants from the organic olive oil firms located in Andalucía (Spain).

2. PRODUCT AUTHENTICITY: AN OVERVIEW

Several dimensions characterize the authenticity construct. Product's genuineness and naturalness are typical examples (van Giesena and de Hoogeb, 2019). According to Camus (2004), origin and uniqueness are dimensions able to encapsulate the concept of product authenticity regarding a foodstuff. Similarly, authentic products are often perceived as local and/or traditional (Kadirov, 2015), real, and sincere (Beverland and Farrelly, 2010). Foodstuffs' authenticity regards genuineness, related to the place of production (Sims, 2009) and country of origin (Chousou and Mattas, 2019). Additionally, food product authenticity can be communicated through specific certifications concerning geographical indications and organic production (Spielmann and Charters, 2013), color packaging (Marozzo et al., 2020), and selling price (Fejes and Wilson, 2013).

According to Carcea et al. (2009), product authenticity assumes relevance in quality control activities and safety; this is because genuineness is perceived as an important issue by consumers on an emotional level, since it implies their trust in what they buy and, therefore, in what they eat. By increasing consumer confidence in food products, authenticity can play a central role in reducing the component of risk that inevitably characterizes the consumption processes (Verbeke and Ward, 2006). The authenticity of foods is not easily observable and verifiable by consumers and, for their evaluations and purchasing choices, they often rely on manufacturers' indications of authenticity (Kendall et al., 2019). These useful signals, such as "risk mitigators" (Verbeke and Ward, 2006), can provide information on the authenticity of the products, by reducing the uncertainty about them, and increasing the trust component in the purchasing and consumption processes.

3. METHODOLOGY

Qualitative analysis was based on an individual in-depth interviews approach (Creswell and Poth, 2018) by performing face-to-face semi-structured interviews (i.e., the most used interview type for qualitative research - DiCicco-Bloom and Crabtree, 2006). Thus, a script was designed

according to the emerged insights from the literature. The primary data were derived from key organizational members (Table 1) from two organic olive oil firms located in Andalucía (Spain), both in the province of Huelva, during March 2020, just before the lockdown as a result of the covid-19 pandemic.

Table 1. Informant details

Company	*Informant*	*Position*
Oleodiel - S.C.A. Nuestra Señora de la Oliva	Francisco	Cooperative Manager
Almazara Ecológica Viguera Verde	Emilio	Chief Executive

Source: Authors

The interviews lasted from one to three hours, following the prescriptions on data collection through personal interviews (Lee, 1999). The interviews were recorded to minimize data loss and transcribed to favour textual analysis. The authors re-read collected data transcripts to familiarize themselves with the data, then, by using qualitative data analysis software (i.e., Atlas.ti) a data reduction phase was conducted by selecting and transforming the data for improving its manageability in the interpretation phase. Data reduction was made by using the three-step coding method (Holloway and Wheeler, 2002): 1) open, 2) axial, and 3) selective coding. This approach consists of a constant comparative analysis technique for analyzing qualitative data (Creswell, 2002). At the end of the coding phase, the authors have chosen categories and subcategories which best described the concepts here investigated. Then, the outputs were established from interview scripts that offer guidelines to refine definitions of concepts.

4. FINDINGS

The analysis of the in-depth interviews permitted the identification of meanings, characteristics, and dimensions that describe the concept of product authenticity from the organic olive oil producers' point of view. According to Beverland and Farrelly (2010), the results have underlined that authenticity is a concept connected to true and/or real meanings in consumers' experiences of foodstuffs. From the producers' viewpoint, product authenticity refers to the product's ability to express «truth», that is, the ability to be what it really should be: *Authenticity means being consistent with what a thing really is. It means to be real and true concerning what something is (Emilio).*

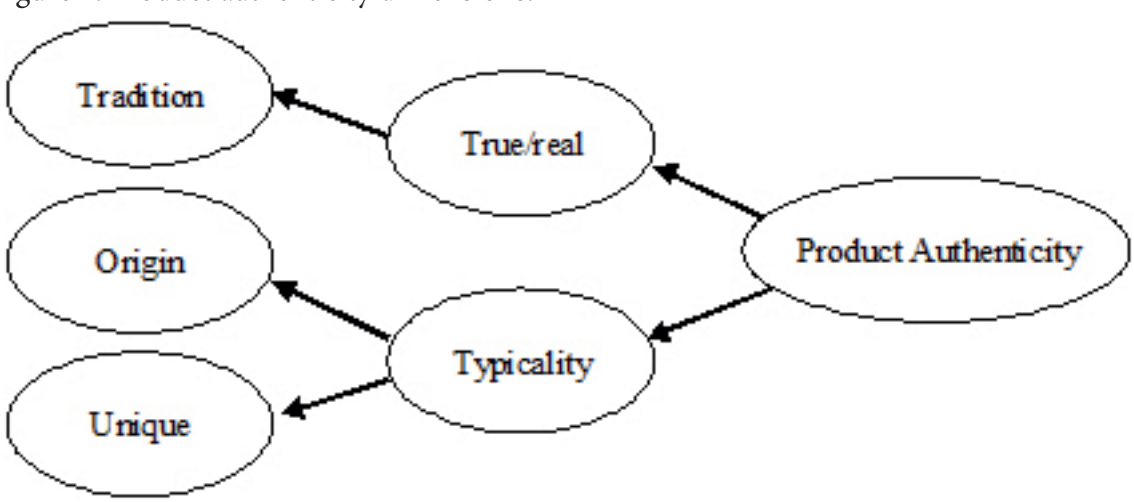
Additionally, the link between truth/real and tradition emerged. Findings highlighted that to be authentic the product has to be managed to express the truth, that is, by following the traditional method of farming and production. It would seem that following tradition is a way to guarantee product authenticity: *It is fundamental that aspects of a product's production respond to the tradition by respecting the natural process of product creation (Emilio).*

Authenticity is linked with the concept of origin. The place of origin and the use of autochthonous varieties are aspects that guarantee a certain level of typicality of the foodstuff and would seem important dimensions of the authenticity concept from producers' point of view: *The word authenticity means «bond», in the sense that a product is authentic if it's linked to the place where it's produced. The main feature of an authentic product is that it's an indigenous product, then linked to its place of origin (Francisco).*

The place of origin, autochthonous variety, and place of production (i.e., the features of product typicality), highlighted the connection between the concept of product authenticity and its characteristic of uniqueness. An authentic product must have characteristics that cannot be imitated, features specific to a certain area, a and specific microenvironment, which make the product unique: *Identification with the place makes the product authentic and unique. The autochthonous characteristic, and the influence of the territorial peculiarities are aspects that differentiate products and represent the uniqueness and authenticity of the product (Francisco).*

Consistent with the literature, the emerged dimensions from the qualitative research confirm that product authenticity is a latent multidimensional construct (O' Connor et al., 2017; Carroll and Wheaton, 2009). The authenticity of the product is a variable that cannot be directly observed, therefore, the dimensions can be useful in conceptualizing this latent construct and, above all, facilitating its measurement (Figure 1). This conceptualization, indeed, allows identifying the relevant dimensions in the definition of authenticity from organic olive oil producers' perspective.

Figure 1. Product authenticity dimensions.



Source: Authors

Furthermore, another important concept that emerged during the interviews was the concept of traceability. According to the interviewees, the traceability of a product may guarantee food quality and safety by amplifying the perception of product authenticity.

5. DISCUSSION AND CONCLUSION

Overall, the findings were consistent across the authenticity literature, corroborating the concept that authenticity captures meanings of true/real (e.g., tradition) as well as typicality meanings (e.g., its origin and uniqueness). The emerged dimensions of origin and uniqueness suggest that product traceability could be the right tool to enhance the perception of product authenticity and reduce the possibilities of fraud adulteration in the supply chain. Thanks to the traceability system (for example through new technologies such as the blockchain), the consumers can have considerable information about the product (i.e., production and distribution processes, food chain actors, and activities) which leads to greater trust in it. As a consequence, this superior trust in the traced product could increase reassurance in food quality and safety by leading to a greater consumers WTP for the product.

Our research provides deeper insights into the principal dimensions connected to the authenticity concept from organic olive oil producers' side. Thus, understanding if these identified dimensions by producers represent an effective way to develop authentic offering proposals more attractive to consumers is crucial to meet their requirements and guide them to make safe purchases.

REFERENCES

Beverland M.B., Farrelly F.J. (2010): «The quest for authenticity in consumption: Consumers' purposive choice of authentic cues to shape experienced outcomes», *Journal of Consumer Research*, 36(5), 838–856, doi: 10.1086/615047.

Camus, S. (2004): «Proposition d'échelle de mesure de l'authenticité perçue d'un produit alimentaire», *Recherche et Applications en Marketing* (French Edition), 19(4), 39-63, doi: 10.1177/076737010401900407.

Carcea, M., Brereton, P., Hsu, R., Kelly, S., Marmiroli, N., Melini, F., Soukoulis, C. and Wenping, D. (2009): «Food authenticity assessment: ensuring compliance with food legislation and traceability requirements», *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 1(2), 93-100, doi: 10.1111/j.1757-837X.2009.00011.x.

Chousou C., Mattas K. (2019): «Assessing consumer attitudes and perceptions towards food authenticity», *British Food Journal*, 123(5), 1947-1961, doi: 10.1108/BFJ-03-2019-0177.

Creswell, J.W. (2002): *Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research*. Upper Saddle River, Nj: Merrill Prentice Hall.

Creswell, J.W., Poth, C. (2018): *Qualitative Inquiry and Research Design* (4th ed.) Los Angeles: Sage.

DiCicco-Bloom, B., Crabtree, B.F. (2006): «The qualitative research interview», *Medical Education*, 40, 314-321, doi: 10.1111/j.1365-2929.2006.02418.x.

Holloway, I., Wheeler, S. (2002): *Qualitative Research in Nursing*. Hoboken: Wiley-Blackwell.

Fejes Z.L., Wilson J.M. (2013): «Cue utilization in the product authentication process: a framework and research agenda for product counterfeit prevention», *International Journal of Comparative and Applied Criminal Justice*, 37(4), 317-340, doi: 10.1080/01924036.2012.745218.

Gilmore J.H., Pine B.J. (2007): *Authenticity: What consumers really want*. Harvard Business Press.

Kadirov D. (2015): «Private labels ain't bona fide! Perceived authenticity and willingness to pay a price premium for national brands over private labels», *Journal of Marketing Management*, 31(17–18) 1773-1798, doi: 10.1080/0267257X.2015.1031265.

Kendall H., Clark B., Rhymer C., Kuznesof S., Hajslova J., Tomaniova M., Brereton P., Frewer L. (2019): «A systematic review of consumer perceptions of food fraud and authenticity: A European perspective», *Trends in Food Science & Technology*, 94, 79-90, doi: 10.1016/j.tifs.2019.10.005.

Lee, T.W. (1999): *Using Qualitative Methods in Organizational Research*. Thousand Oaks, Ca: Sage.

Marozzo V., Raimondo M.A., Miceli G., Scopelliti I. (2020): «Effects of au naturel packaging colors on willingness to pay for healthy food», *Psychology & Marketing*, 37(7), 913-927, doi: 10.1002/mar.21294.

Sims R. (2009): «Food, place and authenticity: Local food and the sustainable tourism experience», *Journal of Sustainable Tourism*, 7(3), 321-336, doi: 10.1080/09669580802359293.

Spielmann N., Charters S. (2013): «The dimensions of authenticity in terroir products», *International Journal of Wine Business Research*, 25(4), 310-324, doi: 10.1108/IJWBR-01-2013-0004.

van Giesena R.I., de Hoogeb I.E. (2019): «Too ugly, but I love its shape: Reducing food waste of suboptimal products with authenticity (and sustainability) positioning», *Food Quality and Preference*, 75, 249-259, doi: 10.1016/j.foodqual.2019.02.020.

Verbeke W., Ward R.W. (2006): «Consumer interest in beef quality and country-of-origin: An application of ordered probit models to Belgium beef labels», *Food Quality and Preference,* 17(1-2), 126-131.

Yanamandram, V., White, L. (2006): «Switching barriers in business-to-business services: A qualitative study», *International Journal of Service Industry Management*, 17, 158-192, doi: 10.1108/09564230610656980.

LA GESTIÓN COOPERATIVA DE LAS CUBIERTAS VEGETALES Y DE LOS RESTOS DE PODA. UNA OPCIÓN A EVALUAR PARA MAXIMIZAR LOS BENEFICIOS DE LOS ECOESQUEMAS.

Colombo, Sergio. IFAPA, Centro Camino de Purchil, Granada
sergio.colombo@juntadeandalucia.es
Ruz-Carmona, Antonio, Cooperativa Agraria San Roque, Arjonilla,
antonioruz@sca-sanroque.com

RESUMEN: La reforma de la Política Agraria Común introduce los eco-esquemas como instrumento clave para incrementar la sostenibilidad de los olivares. En la última propuesta del Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación se propone, en el caso del olivar, la posibilidad de emplear cubiertas vegetales vivas o inertes para cumplir con el compromiso de una agricultura baja en carbono. Los pagos relacionados con los compromisos son de carácter compensatorios en aras de cubrir, en la medida de lo posible, el lucro cesante y los costes derivados de su puesta en marcha. Al respecto, la actual propuesta, si bien diferencia los pagos en función de la pendiente, no incorpora una ayuda específica para los olivares no mecanizables. Los costes de la puesta de las cubiertas vegetales y de los restos de podas pueden variar de forma considerable según la estructura de las explotaciones agrarias, en particular según la pendiente, el tamaño, la fragmentación dispersión parcelaria. En este trabajo se calculan los costes de implementación de los eco-esquemas previstos para los cultivos permanentes poniendo de manifiesto como varían según la diferente estructura de las explotaciones. Los resultados ponen de manifiesto que una aplicación colectiva de los ecoesquemas podría llevar a mayores beneficios ambientales a un menor costes para el agricultor.

PALABRAS CLAVE: Olivar, Eco-esquemas, Cubiertas Vegetales, Costes Producción, Cooperación

ABSTRACT: The reform of the Common Agricultural Policy introduces eco-schemes as a key instrument to increase the sustainability of olive groves. The latest proposal of the Ministry of Agriculture, Fisheries and Food for the olive groves, introduces the possibility of using living or inert plant covers to comply with the commitment to low-carbon agriculture. The payments related to the commitments are of a compensatory nature in order to cover, as far as possible, the loss of profits and the costs derived from their implantation. In this regard, the current proposal, although it differentiates payments according to the slope, does not include specific aid for non-mechanizable olive groves. The costs of putting green covers and pruning remains can vary considerably depending on the structure of the farms, in particular depending on the slope, size, fragmentation and plot dispersion. In this work, the costs for the implementation of the eco-schemes in permanent crops are calculated, showing how they vary according to the different structure of the farms. The results show that a collective application of ecoschemes could lead to greater environmental benefits at lower costs for the farmer.

KEYWORDS: Olive grove, Eco-schemes, Vegetal Covers, Production Costs, Cooperation.

1. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

Según la propuesta de diciembre 2021 del Plan Estratégico de la PAC de España (2023-2027) (MAPA, 2022) los eco-regímenes o eco-esquemas remunerarán a las explotaciones que lleven a cabo prácticas agrícolas o ganaderas beneficiosas para el clima y el medio ambiente mediante compromisos anuales voluntarios que vayan más allá de la exigencia derivada del cumplimiento de la condicionalidad, así como de cualquier otra legislación en vigor de carácter medioambiental, que incluya requisitos de cumplimiento obligatorio. La propuesta de Eco-regímenes se basa en 7 prácticas concretas y el agricultor puede escoger entre ellas aquellas que más le interesen según el modelo de explotación. Sin embargo, sobre una misma hectárea, podrá recibir ayuda de solo una práctica.

En el caso de los cultivos permanentes, se proponen dos medidas con el objetivo de mejorar la estructura de los suelos, reducir la erosión y la desertificación, aumentar el contenido en carbono de los mismos y reducir las emisiones. Estas medidas se denominan "Cubiertas vegetales espontáneas o sembradas en cultivos leñosos" (P6) y Práctica de cubiertas vegetales inertes en cultivos leñosos (P7). Ambas medidas prevén pagos diferenciados en función de la pendiente media de la parcela de implementación según los importes que se muestra en la tabla 1. En todos los casos se prevé una regresividad de los importes que se traduce en una reducción del 70% a partir de las 15 hectáreas.

Tabla 1. Criterios y cantidades de los pagos para las medidas P6 y P7 de los eco-esquemas

Tipología cultivol / Estrato	*Importe €/ha*
Cultivos Permanentes: pendiente < 5%	71.63
Cultivos Permanentes: pendiente 5 – 10 %	124.59
Cultivos Permanentes: pendiente > 10%	175.86

Fuente: elaboración propia

Llama la atención que la propuesta del ministerio no incorpora un pago específico para los cultivos permanente no mecanizables que según la literatura son aquellos cuya pendiente es mayor de un 20 o 25% según la fuente consultada (AEMO, 2020; Colombo and Perujo-Villanueva, 2017). Esto es particularmente llamativo si se considera que, en las ayudas previstas en el PDR 2014-2020 para los sistemas sostenibles de cultivos leñosos en Andalucía, relacionadas con la puesta de cubiertas vegetales (Medida 10.1.7), se multiplicaba el importe de la ayuda por un factor de 1,35 por el sobrecoste ligado a la pendiente (Junta de Andalucía, 2015).

Esto puede socavar la adopción de las medidas P6 y P7 de los ecoesquemas en olivares no mecanizables, hecho paradójico debido a que en esta tipología de cultivo es donde la presencia de cubiertas vegetales y/o restos de podas arrojaría mayores beneficios medioambientales,

especialmente con relación a la reducción de la erosión del suelo. El objetivo de este trabajo es calcular los costes de implementación de las cubiertas vegetales en olivares mecanizables y no mecanizables para poder crear información útil para una aplicación más eficiente de los ecoesquemas[1].

2. METODOLOGÍA

El cálculo de los costes de explotación requiere definir con exactitud la estructura de la explotación, la tecnología y maquinaria disponible y el manejo asumido. En este trabajo se asume lo siguiente: en el caso del olivar mecanizable (OTMS), la explotación es de olivar tradicional de secano con un marco de plantación de 10*10 y pendiente media de un 8%. El tamaño de la explotación es de 2,07 ha que se reparten en parcelas de 0,60 ha aproximadamente siendo el tamaño más común en la provincia de Jaén (Parra et al., 2020); las parcelas tienen una distancia media de 800 metros entre ellas; el titular de la explotación trabaja en la explotación con la ayuda de dos personas externas en los tratamientos fitosanitarios, herbicidas, poda y recolección; dispone de un todoterreno, una pequeña cuba con mangueras y un remolque para la realización de las labores. El manejo del suelo es con cubiertas vegetales desbrozadas mecánicamente contratado externamente a una empresa profesional. Los restos de poda se trituran y esparcen en el suelo. Los inputs empleados son los "normales" para esta tipología de olivar según especificado en Barranco et al. (2017). La producción media asumida es de 3.500 kg aceitunas por ha.

En el caso del olivar no mecanizable (OTNMS) se asume la misma estructura de explotación con una pendiente media de un 25%. Debido a la imposibilidad de emplear un tractor, el titular lleva a cabo el desbrozado de la cubierta de forma manual y procede al quemado de los restos de poda[2]. La anchura de la cubierta vegetal es el doble de la exigida por la condicionalidad. La producción media asumida es de 1750 kg aceitunas por ha (AEMO; 2020). La recolección se lleva a cabo con vibradores de ramas. Se llevan a cabo dos tratamientos fitosanitarios en los olivares no mecanizables y tres en los mecanizables.

Los costes de ambos sistemas se calculan también en la hipótesis de que un conjunto de titulares opte para la gestión compartida de la explotación, de tal forma de crear una explotación de 30 ha con parcelas de tamaño medio de 3 ha. En el caso del olivar mecanizable se asume un cambio tecnológico en la gestión compartida de la explotación que incorpora el uso de un tractor, un atomizador, una barra herbicida y recolección con vibradores de tronco en lugar de vibrador de

1 El trabajo se enfoca en la medida P6, debido que a juicio de los autores la medida P7 tiene poca cabida en los olivares no-mecanizables debido a la escasez de los restos de poda en los olivares de secano en pendiente que no permite alcanzar un volumen suficiente para que la práctica cumpla con los objetivos medioambientales previstos para la misma.

2 Se asume el quemado de los restos de poda por la complejidad que conlleva el triturado y esparcido de los mismos en los olivares no mecanizables. A pesar de que existen pequeñas trituradoras de restos de poda autoalimentadas, su uso no es aún común en los olivares por el elevado coste de las mismas y demanda de trabajo.

rama utilizado en las pequeñas explotaciones o en el OTNM. Para calcular los extra-costes de las cubiertas vegetales, los costes de producción se comparan con aquellos resultantes de un sistema de manejo de mínimo laboreo en OTM y de no laboreo en el caso del OTNM (Esyrce, 2020). A continuación, se resumen los sistemas considerados:

Sistema 1a : OTMS con cubierta vegetal. Realiza el manejo de suelo con cubierta vegetal. Para el manejo de suelo realiza un tratamiento de herbicida de preemergencia en las áreas bajo copas y controla la hierba en primavera con dos pases de desbrozadora contratada externamente.

Sistema 1b: OTMS con mínimo laboreo. Manejo de suelo con mínimo laboreo, consistente en un tratamiento de herbicida de preemergencia realizado con medios propios y 2 pases de cultivador y 1 de rastra que contratada externamente por no disponer de tractor.

Sistema 2a: OTNMS con cubierta vegetal. Realiza un tratamiento de herbicida de preemergencia bajo copas y controla la hierba una vez al año con de desbrozadora manual.

Sistema 2b: OTNMS no laboreo. Realiza un tratamiento de herbicida de preemergencia bajo copas y controla la hierba con un tratamiento de herbicida de postemergencia en lugar desbrozadora manual.

Sistema 3a: OTMS con cubierta vegetal y agrupación de parcelas. Explotación de 30 ha, distribuido en parcelas de 3 ha. Para el manejo de suelo realiza un tratamiento de herbicida de preemergencia bajo copas y controla la hierba dos veces al año con desbrozadora propia.

Sistema 3b: OTMS con mínimo laboreo y agrupación de parcelas. Igual que el sistema 3a pero el manejo de suelo realiza un tratamiento de herbicida de preemergencia y controla la hierba en primavera dos pases de cultivador y uno de rastra.

Sistema 4a: OTNMS con cubierta vegetal y agrupación de parcelas. Explotación de 30 ha, distribuida en parcelas de 3 ha. Realiza un tratamiento de herbicida de preemergencia bajo copas y controla la hierba una vez al año con desbrozadora manual.

Sistema 4b: OTNMS con cubierta vegetal y siega química con agrupación de parcelas. Realiza un tratamiento de herbicida de preemergencia bajo copas y controla la hierba en primavera con un tratamiento de herbicida de postemergencia.

El cálculo de coste se lleva a cabo empleando la metodología propuesta por Colombo y Ruz-Carmona (2019). La principal novedad de esta metodología es que cuantifica los costes a partir

de los tiempos de trabajo de cada operación, incluyendo la tecnología disponible, los tiempos muertos y las ineficiencias debidas a la fragmentación, al minifundismo. Asimismo, el cómputo de tiempo se emplea para el cálculo de la amortización de los aperos, tractor o todoterreno y de mano de obra. El cálculo se concreta a través de la herramienta OlivGest[3].

RESULTADOS

En la tabla 2 se muestran los costes de producción de los diferentes sistemas considerados, desglosados por las operaciones de manejo.

Tabla 2. Costes de producción de diferentes sistemas de manejos del olivar

	Sist. 1a	Sist. 1b	Sist. 2a	Sist. 2 b	Sist. 3a	Sist. 3b	Sist. 4a	Sist.4b
COSTE PRODUCCIÓN (€/kg)	**3,97 €**	**4,09 €**	**6,53 €**	**6,44 €**	**2,32 €**	**2,38 €**	**4,46 €**	**4,34 €**
COSTE CON M.O. FAMILIAR (€/kg)	2,76 €	2,88 €	4,28 €	4,30 €	2,04 €	2,07 €	2,93 €	2,95 €
COSTE TOTAL M.O.	1.555,75 €	1.586,17 €	1.547,74 €	1.719,11 €	642,58 €	660,98 €	1.153,67 €	1.197,35 €
GASTOS.	**COSTE (€/Ha)**	**COSTE (€/Ha)**	**COSTE (€/Ha)**	**COSTE (€/Ha)**	**COSTE (€/Ha)**	**COSTE (€/Ha)**	**COSTE (€/Ha)**	**COSTE (€/Ha)**
RECOLECCIÓN + TRANSPORTE	1.059,12 €	1.059,12 €	1.259,16 €	1.244,39 €	808,89 €	805,35 €	976,71 €	971,63 €
MAQUILA	154,00 €	154,00 €	84,70 €	84,70 €	154,00 €	154,00 €	84,70 €	84,70 €
ABONADO AL SUELO	143,57 €	143,57 €	124,90 €	122,16 €	94,61 €	94,04 €	78,23 €	77,59 €
TRAT. FITOSANITARIOS	606,88 €	606,88 €	374,71 €	368,91 €	210,64 €	209,14 €	174,52 €	173,02 €
MANEJO DE SUELO	217,17 €	302,57 €	299,36 €	286,59 €	58,45 €	105,56 €	147,01 €	106,88 €
PODA Y DESVARETO	249,15 €	249,15 €	182,30 €	182,30 €	172,36 €	172,36 €	140,03 €	140,03 €
RIEGO	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
GASTOS ADMINISTRATIVOS Y DE GESTIÓN	241,55 €	241,55 €	82,13 €	82,13 €	18,33 €	18,33 €	7,33 €	7,33 €
OTROS	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
COSTES OPORTUNIDAD TIERRA (% valoración bonos del estado 10 años sobre VALOR INMOBIL.)	108,00 €	108,00 €	108,00 €	108,00 €	108,00 €	108,00 €	108,00 €	108,00 €
GASTO TOTAL	**2.779,43**	**2.864,83**	**2.515,24**	**2.479,18**	**1.625,29**	**1.666,78**	**1.716,53**	**1.669,18**

Fuente: Elaboración propia.

Es importante notar que los costes de producción no son siempre directamente comparables entre si, ya que los sistemas tienen diferentes operaciones y frecuencias de las mismas. Por ejemplo, los mayores costes de los tratamientos fitosanitarios en los sistemas mecanizables se deben a que en éstos se llevan a cabo 3 tratamientos en lugar de 2 en los sistemas no mecanizables. También, en el caso del olivar mecanizables los costes de maquila son más elevados siendo proporcionales a la productividad por ha. Asimismo, los mayores costes de podas y desvareto en el OTM se deben a mayores crecimiento y vigor de los olivares en este sistema y por tanto más tiempos para llevar a cabo la operación. Por otro lado, siempre con referencia a una operación de cultivo, la reducción de los costes en las explotaciones con gestión compartida, sí que refleja un ahorro de coste debidos a las economías de escala y a la reducción de los costes de fragmentación.

3 La herramienta es la misma que la precedente GestOli. Se ha modificado el nombre en fase de registro de la propiedad intelectual.

En el caso del OTM, los costes del manejo del suelo con cubiertas vegetales en lugar de mínimo laboreo son inferiores, no justificándose a priori una ayuda por el extra-coste que pueda derivar. En OTNM el manejo de suelo con cubierta vegetal incrementa el coste de producción en 0,094 €/kg de aceite, lo que supone 36,07 €/ha. Además si se asumiera que la producción sufriera una merma de un 5%, el lucro cesante por la implantación de cubiertas vegetales sería de 82,46 €/ha, incluyendo el incremento del coste y el descenso de la producción en 19,25 kg de aceite, con un precio de mercado del mismo de 2,41 €/kg[4]. Si la reducción de la producción fuese de un 10 % la suma del aumento de costes y del lucro cesante debido a la merma de producción supondría 128,85 €/ha. Es decir, el lucro cesante es función del impacto que las cubiertas tienen en la producción y las ayudas al respecto deberían de considerar este factor. No se observan diferencias significativas en los costes entre pendientes entre un 0% y 20%, ya que ambos manejos necesitan el empleo de tractores para los tratamientos y no se considera merma de producción con un manejo eficiente del suelo.

Los costes de producción de los sistemas productivos con agrupación de productores se reducen de forma significativas debido a la existencia de economías de escalas en producción y de mayores eficiencias en el trabajo por la reducción de los tiempos inoperativos dedicado a la preparación de la maquinaria y a la fragmentación parcelaria. El mayor ahorro se observa en la recogida y transporte de las aceitunas por evitar los desplazamientos entre parcelas de las cuadrillas. La reducción se cifra, considerando el sistema con cubiertas vegetales, en 1,65 €/kg de aceite en el OTM y 1,71 €/kg de aceite en el OTNM. El manejo con cubiertas vegetales repite el esquema de costes observados para las pequeñas explotaciones, siendo más barato en OTM y más caro en OTNM. El lucro cesante en el OTNM por la implementación de cubiertas vegetales es de 47,35 €/ha si no se asume reducción de la producción y de 93,74 €/ha o 140,13 €/ha asumiendo reducciones de un 5% y 10%.

3. DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

En las últimas tres décadas los objetivos medioambientales están teniendo siempre más importancia en la PAC. En la próxima reforma se introduce, en el caso de los cultivos permanentes, la necesidad de emplear cubiertas vegetales vivas para cumplir con el compromiso de una agricultura baja en carbono, maximizar los servicios ecosistémicos del cultivo y cobrar la totalidad del importe de las ayudas. La adopción y difusión de este sistema de cultivo dependerá, entre otros motivos, de los costes de implantación y manejo de las mismas.

4 Precio de mercado del aceite de oliva entre los años 2010-2020. http://www.poolred.com.

En este trabajo se han cuantificado los costes de producción de este sistema de cultivo comparándolos con los sistemas tradicionales en los olivares tradicionales mecanizables y no mecanizables. La comparación se ha llevado a cabo en el caso de explotaciones muy pequeñas y explotaciones de medianas dimensiones que resultarían de la cooperación de varios pequeños agricultores[5].

Los resultados ponen de manifiesto que la implantación de cubiertas vegetales no siempre supone un sobrecoste. En particular en el OTM, no se observa sobrecoste siendo el sistema con cubiertas vegetales el más barato. En los OTNM siempre existe un sobrecoste por la implantación de las cubiertas vegetales que es más significativo, como es de esperar, cuando las cubiertas reducen la productividad. Por ello, el diseño de las políticas de soporte a la implantación de cubiertas vegetales debería de considerar el efecto en la productividad debido a la competencia por el agua. Al respecto, sería interesante diferenciar la ayuda en los olivares de secano y regadío, visto que en estos últimos el impacto en la productividad se espera insignificante.

Las ayudas para la medida de implantación de cubiertas vegetales propuestas en la última propuesta del Plan Estratégico para la PAC 2023-2017 se diferencian en tres tramos según la pendiente de la parcela. Sin embargo, en los tres tramos propuestos siempre es posible la mecanización de las tareas y, según la opinión de los autores, no deberían de existir diferencias significativas en los costes. A pesar de que la pendiente incrementa los costes de producción, los costes marginales del manejo de las cubiertas vegetales no se verían afectados de forma significativas. Por otro lado, en los olivares no mecanizables el sobrecoste es significativo y por tanto se debería prever una ayuda específica para esta tipología de olivar.

En este trabajo, se propone la gestión cooperativa de las cubiertas vegetales como herramientas para reducir los costes de gestión de estas en el caso de las pequeñas explotaciones. Se observa que la gestión cooperativa reduce los sobrecostes debidos al manejo de cubiertas por las economías de escala resultantes y la reducción de varias ineficiencias en la realización de las tareas de cultivo. Hay que decir que la gestión cooperativa de las cubiertas vegetales, entendida como la unión de varias parcelas para formar parcelas más grandes, no solo reduce los costes de manejo en toda tipología de olivar, sino también facilita el cuidado de las mismas por las sinergias que se crean, especialmente en la proliferación del banco de semillas. Asimismo, disminuye los desplazamientos y los tiempos de utilización de las maquinarias, ahorrando en combustible y por ende reduciendo la emisión de gases de efectos invernaderos. Por últimos, la gestión cooperativa permite la creación de capital social, facilitando a los agricultores la puesta en común de sus conocimientos y experiencias sobre el manejo óptimo de las cubiertas, que a menudo varía de forma significativa según las condiciones climática, morfológicas y edafológica de las parcelas.

5 Los resultados del caso cooperativo se pueden asimilar a los de una explotación de mediana dimensión. Sin embargo, considerada la atomización de la propiedad y la elevadísima parcelación existente en los olivares tradicionales, se prefiere emplear el caso de la cooperación entre agricultores como herramienta de expansión de las explotaciones.

Los valores de los costes de producción calculados en este estudio tienen que ser interpretados con cautela, ya que dependen de varias asunciones sobre el manejo de las explotaciones que los influencian de forma significativa, especialmente en las explotaciones más pequeñas. Por ejemplo, se asume que el pequeño agricultor hace uso del servicio de una gestoría para resolver las prácticas administrativas relacionadas con la declaración de la PAC, protocolo COVID y alta y baja de los trabajadores. Asimismo, se incorporan los costes de oportunidad de la tierra, que a menudo no se consideran en otros estudios. También, se considera que un tercio de la maquinaria (todoterreno, cuba, remolque etc.), es adquirido a través de financiación. Todos estos factores incrementan de forma significativas los costes de producción.

A pesar de que en la propuesta del ministerio se ofrece la posibilidad de emplear restos de poda para cumplir con el criterio de los ecoesquemas, en este trabajo no se han analizados los costes específicos de esta práctica por considerar que, en los olivares de secano y especialmente en los menos productivos, la operación de poda se lleva a cabo cada dos años y no proporcionan una cobertura suficiente del suelo para garantizar la prestación del servicio ecosistémico buscado. No obstante, en los OTM con cubierta vegetal se incluye el triturado y esparcido de los restos de poda, siendo una práctica conveniente para los agricultores. En los OTNM, el triturado de restos de poda conlleva extra-costes que se deberían cuantificar en futuros estudios.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEMO (2020): Aproximación a los costes del cultivo del olivo. Desarrollo y conclusiones del estudio AEMO. Consultado en https://www.aemo.es/slides/slide/estudio-de-costes-aemo-2020-241/download

Barranco, D., Fernandez, R., Rallo, L., 2017. *El cultivo del olivo 7ª edición*. Editorial Mundiprensa, Madrid.

Colombo, S., and Perujo-Villanueva, M. (2017). Analysis of the spatial relationship between small olive farms to increase their competitiveness through cooperation. *Land Use Policy*, 63(1), 226-235.

Colombo, S., Ruz-Carmona, A. (2019). GestOli: un programa para el cálculo de los costes de producción en olivar incluyendo la estructura productiva de las explotaciones. XIX Simposio Científico-Técnico Expoliva, Jaén, 15-15 Mayo.

Esyrce (2019). Encuesta sobre superficie y rendimientos de los cultivos. Consultado en: https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/esyrce

Junta de Andalucía (2015). Anexo Capítulo 8.2 Medida 10. Consultado en: https://juntadeandalucia.es/export/drupaljda/Anexo%20Capitulo%208.2%20Medida%2010.pdf

Mapa, (2022): El plan estratégico de la PAC de España (2023-2027), resumen de la propuesta». Consultado en: https://www.mapa.gob.es/es/pac/post-2020/el-pepac-de-espana-resumen-de-la-propuesta-dic-2021_tcm30-583992.pdf

LA RELACIÓN ENTRE EL TIEMPO DE TRABAJO Y LA ESTRUCTURA Y TECNOLOGÍA DE LAS EXPLOTACIONES DE OLIVAR TRADICIONAL

Ruz-Carmona, Antonio, Cooperativa Agraria San Roque, Arjonilla,
antonioruz@sca-sanroque.com
Colombo, Sergio. IFAPA, Centro Camino de Purchil, Granada
sergio.colombo@juntadeandalucia.es

RESUMEN: El tiempo de trabajo necesario para llevar a cabo las diferentes operaciones de cultivo en olivar es una variable fundamental a conocer para la concesión de las ayudas a la modernización de las explotaciones agrarias y las ayudas para la incorporación de jóvenes agricultores. Actualmente, la Dirección General de la Producción Agrícola y Ganadera de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible de la Junta de Andalucía publica unos indicadores técnicos económicos que reflejan el tiempo estimado para el manejo del olivar. Sin embargo, dichos indicadores no detallan los criterios empleados para el cálculo y a menudo no representan la realidad productiva del sector del olivar. En concreto, hay una diferenciación de las explotaciones por pendientes que no refleja los diferentes tiempos y costes de producción a que se enfrentan las explotaciones olivareras según las posibilidades de mecanización. En este trabajo, se estiman los tiempos de trabajos para un conjunto de sistemas productivos, considerando la real estructura de las explotaciones en términos de tamaño, fragmentación y posibilidades de mecanizaciones de las labores. Los resultados ponen de manifiesto que el tamaño de explotación y la posibilidad de mecanización influyen de forma muy significativa en los tiempos de producción y en el margen bruto. Asimismo, se observa que la fragmentación y dispersión de las parcelas incorporan unas ineficiencias que incrementas de forma considerable los tiempos y costes de trabajo.

PALABRAS CLAVE: Olivar, Tiempo de trabajo, Incorporación Nuevos Agricultores, Relevo Generacional.

ABSTRACT: The working time necessary to carry out the different cultivation operations in olive groves is a variable used for the granting of financial aid for the modernization of agricultural holdings and for the incorporation of young farmers. Currently, the General Directorate of Agricultural and Livestock Production of the Ministry of Agriculture, Livestock, Fisheries and Sustainable Development of the Junta de Andalusia publishes economic technical indicators that reflect the expected time for managing the olive grove. However, these indicators do not detail the criteria used for the calculation and often do not represent the productive reality of the olive grove sector. Specifically, there is a differentiation of farms by slopes that does not reflect the different production times and costs faced by olive farms depending on the possibilities of mechanization. In this work, the working times for managing different olive grove systems are estimated,

considering the real structure of the farms in terms of size, spatial fragmentation and possibilities of mechanization of the work. The results show that the size of the farm and the possibility of mechanization have a very significant influence on production times and gross margin Likewise, it is observed that the fragmentation and dispersion of the plots incorporate inefficiencies that considerably increase work times and costs.

KEYWORDS: Olive grove, Work time, Incorporation of New Farmers, Generational Change.

1. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

Según la Orden de 26 de junio de 2018, por la que se aprueban las bases reguladoras para la concesión de subvenciones dirigidas a la creación de empresas para los jóvenes agricultores, la explotación en la que se instale el joven agricultor tiene que tener asociada al menos una Unidad de Trabajo Agrario (UTA[1]) y que la Renta Unitaria del Trabajo sea comprendida entre el 35% y el 120% de la Renta de Referencia[2]. Se conoce como UTA al trabajo efectuado por una persona dedicada a tiempo completo durante un año a la actividad agraria. El número de UTAs generadas en olivar en la provincia de Jaén es en función de la tipología de olivar es tal y como se representa en la tabla 1.

Tabla 1. UTAs generadas en diferentes tipologías de olivar

TIPO	R/S	PENDIENTE	Código	Uso	Margen Bruto/ha	UTA/ha	ha/UTA	MB*ha UTA
OT	SECANO	<3%	4611	OLIVAR ALMAZARA PENDIENTE <3% (MARCO TRADICIONAL-SECANO)	2.148,97 €	0,091	11,05	23.745,52
OT	SECANO	3-7%	4617	OLIVAR ALMAZARA PENDIENTE ENTRE 3-7% (MARCO TRADICIONAL-SECANO)	1.793,20 €	0,080	12,48	22.387,02
OT	SECANO	7-15%	4620	OLIVAR ALMAZARA PENDIENTE ENTRE 7-15% (MARCO TRADICIONAL-SECANO)	1.437,42 €	0,070	14,37	20.652,59
OT	SECANO	>15%	4614	OLIVAR ALMAZARA PENDIENTE ENTRE >15% (MARCO TRADICIONAL-SECANO)	1.081,65 €	0,059	16,89	18.271,11
OT	RIEGO	<3%	4610	OLIVAR ALMAZARA PENDIENTE <3% (MARCO TRADICIONAL-RIEGO LOCALIZADO)	3.238,52 €	0,116	8,59	27.822,34
OT	RIEGO	3-7%	4616	OLIVAR ALMAZARA PENDIENTE ENTRE 3-7% (MARCO TRADICIONAL-RIEGO LOCAL	3.038,98 €	0,112	8,94	27.158,00
OT	RIEGO	7-15%	4619	OLIVAR ALMAZARA PENDIENTE ENTRE 7-15% (MARCO TRADICIONAL-RIEGO LOCA	2.839,45 €	0,108	9,30	26.413,49
OT	RIEGO	>15%	4612	OLIVAR ALMAZARA PENDIENTE 15% (MARCO TRADICIONAL-RIEGO LOCALIZADO)	2.639,92 €	0,103	9,71	25.630,29
OI	SECANO	<3%	4613	OLIVAR ALMAZARA PENDIENTE ENTRE <3% (MARCO INTENSIVO-SECANO)	2.839,46 €	0,109	9,16	26.002,38
OI	SECANO	3-7%	4615	OLIVAR ALMAZARA PENDIENTE ENTRE 3-7% (MARCO INTENSIVO-SECANO)	2.368,90 €	0,096	10,45	24.753,40
OI	SECANO	7-15%	4618	OLIVAR ALMAZARA PENDIENTE ENTRE 7-15% (MARCO INTENSIVO-SECANO)	1.898,34 €	0,082	12,18	23.122,29
OI	SECANO	>15%	4622	OLIVAR ALMAZARA PENDIENTE ENTRE>15% (MARCO INTENSIVO-SECANO)	1.427,78 €	0,069	14,58	20.813,12
OI	RIEGO	<3%	4609	OLIVAR ALMAZARA PENDIENTE <3% (MARCO INTENSIVO-LOCALIZADO)	3.924,02 €	0,130	7,70	30.231,28
OI	RIEGO	3-7%	4623	OLIVAR ALMAZARA PENDIENTE ENTRE3-7% (MARCO INTENSIVO-RIEGO LOCALIZA	3.725,08 €	0,125	7,98	29.729,29
OI	RIEGO	7-15%	4624	OLIVAR ALMAZARA PENDIENTE ENTRE7-15% (MARCO INTENSIVO-RIEGO LOCALIZ	3.526,14 €	0,121	8,27	29.165,76
OI	RIEGO	>15%	4621	OLIVAR ALMAZARA PENDIENTE ENTRE>15% (MARCO INTENSIVO-RIEGO LOCALIZA	3.327,20 €	0,116	8,59	28.584,19

Fuente. Elaboración propia a partir de la tabla de indicadores técnicos económicos de las bases reguladoras para las ayudas de la sometida 6.1 del PDR-A 2014-2020.

De lo que se observa que el mismo cultivo puede requerir de más mano de obra para la consecución de una UTA. Por ejemplo, el olivar tradicional de secano en llano requiere 11.05 ha para conseguir una UTA mientras que si fuera en pendiente mayor a un 15% requeriría de casi

1 1 UTA equivale a 1920 horas.

2 La renta de referencia a que se refiere el apartado 12 del artículo 2 de la Ley 19/1995, de 4 de julio, de Modernización de las Explotaciones Agrarias, queda fijada para el año 2021 en la cuantía de 30.622,23 euros.

5 ha más para conseguir la misma UTA. Estos valores asombran considerado que el tiempo de trabajo en olivar en pendiente para la realización de las tareas agrarias es muy superior al tiempo necesario en olivares sin pendiente. Además, a partir de un 20% de pendiente no es posible la mecanización y por tanto pasado este valor se espera un incremento significativo en los tiempos de operaciones. Asimismo, sorprende que se atribuyen más tiempo de trabajo en los sistemas de secano que en los de regadío. Por ello, el objetivo de este trabajo es revisar el tiempo necesario para el manejo de explotaciones de olivar y determinar el margen bruto de diferentes explotaciones de olivar según las características estructurales de las mismas, como tamaño y fragmentación.

2. METODOLOGÍA

La hipótesis de trabajo es que la tipología de cultivo, la pendiente y la disponibilidad o no de agua de riego, así como elementos estructurales de la explotación, como el tamaño de la misma y el tamaño de las parcelas que la forman, influyen de manera determinante en el número de horas necesarias para el manejo de la misma y por ende en la rentabilidad. El cálculo del tiempo de trabajo se ha llevado a cabo a través de la herramienta OlivGest Colombo y Ruz-Carmona (2019).

Para este cálculo vamos a definir diferentes tipos de explotaciones:

- **Olivar tradicional de elevada pendiente (OTNM)**. En este caso el titular trabaja en la explotación sin la posibilidad de usar un tractor. Contrata dos personas para la poda, los tratamientos fitosanitarios y la recogida. Se asume que tiene un todoterreno con remolque, una pequeña cuba con mangueras y realiza la recolección con vibrador de rama. El manejo del suelo lo realiza con un pase de herbicida de preemergencia y con un pase de herbicida de postemergencia para la siega química de las cubiertas vegetales. La producción media asumida es de 1.750 kg aceitunas por ha con un rendimiento industrial de un 22% (AEMO; 2020).
- **Olivar tradicional mecanizable (OTM) de secano (OTMS) y regadío (OTMR).** En este caso el titular trabaja en la explotación dispone de un tractor y se ayuda de personal externo solo en la poda, con dos operarios y en la recolección con seis operarios. Realiza los tratamientos foliares con atomizador propio, el manejo de suelo con un pase de herbicida de preemergencia con cuba y barra de herbicida propia y realiza la siega mecánica de la misma con tres pases de desbrozadora también propia, el picado de los restos de poda lo contrata externamente. Realiza la recolección con vibrador de rama. La producción media asumida es de 3.500 kg aceitunas por ha con un rendimiento industrial de un 20% para el secano y 6.000 kg con el mismo rendimiento para riego (AEMO; 2020).
- **Olivar intensivo de secano y de riego (OIS, OIR).** En este caso el titular trabaja en la explotación dispone de un tractor y se ayuda de personal externo solo en la poda, con dos operarios y en la recolección con seis operarios. Realiza los tratamientos foliares con atomizador propio, el manejo de suelo con un pase de herbicida de preemergencia con cuba y barra de herbicida propia y realiza la siega mecánica de la misma con tres pases de desbrozadora también propia, el picado de los restos de poda lo contrata externamente. Realiza la recolección con vibrador de tronco. La

producción media asumida es de 5.000 kg aceitunas por ha con un rendimiento industrial de un 20% en secano y 10.000 kg con un rendimiento del 18% para el riego (AEMO; 2020).

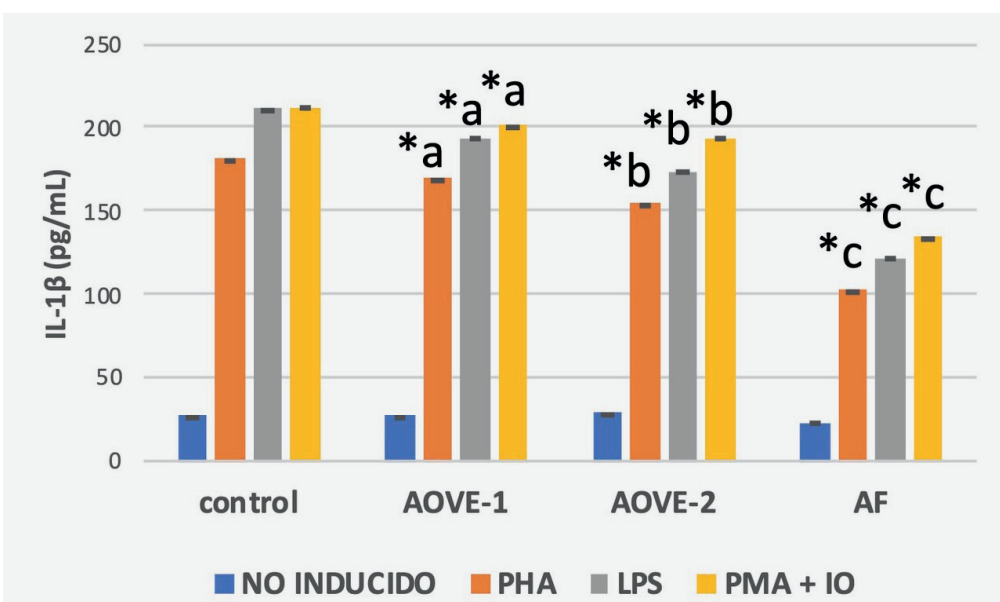
Para el cálculo del margen bruto se ha calculado el beneficio de la explotación sin contar como gasto la mano de obra del titular y el coste de oportunidad de la tierra. Es decir, el Margen Bruto Explotación es igual al Ingreso menos los gastos directos y las amortizaciones, donde el ingreso se calcula como el precio de venta del aceite por los kg producidos en cada sistema, asumiendo un precio de venta de 2,41 €/kg[3].

Para el cálculo del número de horas de trabajo y margen bruto por ha obtenido en cada tipología de olivar descrita se ha incrementado el tamaño de explotación usando valores medios de la superficie declarada y del tamaño de parcela por grupos de agricultores en Jaén tal y como aparece en Parras et al., (2020).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

En la figura 1 se muestra como varían las UTAs necesarias para la gestión de los olivares en los sistemas considerados según el tamaño de explotación y parcela. Se aprecia que los sistemas menos eficientes generan más trabajo por ha y por tanto necesitan de menor superficie para alcanzar una UTA, en sentido contrario a lo utilizado en la actualidad. Así para la obtención de 1 UTA se requieren en el sistema OTNM 16,50 ha, en OTMS 22,75 ha, en OTMR 17,35 ha, en OIS 33,75 ha y OIR 26,00 ha.

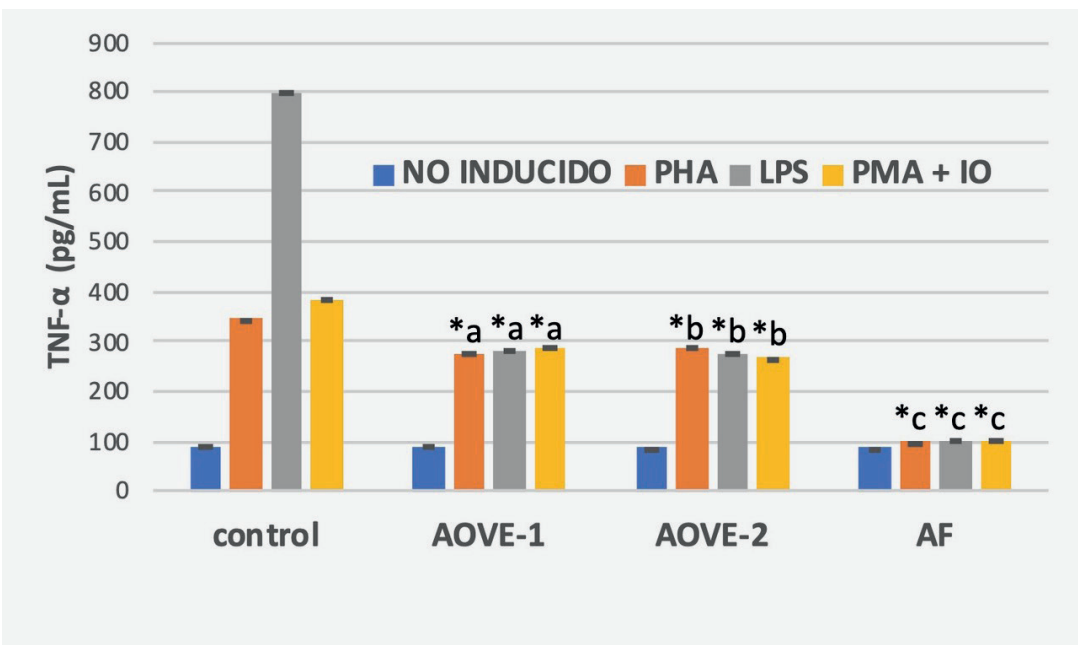
Figura 1. Número de UTAs generadas en función de la superficie cultivada en los diferentes sistemas de cultivo.



3 Precio de mercado del aceite de oliva entre los años 2010-2020. http://www.poolred.com.

En la figura 2 se muestra como varía el margen bruto de la explotación siempre considerando los diferentes sistemas de olivar y las características estructurales de los mismos. El principal resultado es que la baja rentabilidad del OTNM no permite alcanzar el umbral de margen bruto requerido para la consecución de la ayuda en ninguna superficie al precio de aceite calculado y sin ningún ingreso adicional. En el caso del OTM se observa como el olivar de secano alcanza el umbral mínimo con 27,50 ha, y el máximo solo se rebasaría a partir de las 69,00 ha y para el riego la horquilla de valores se sitúa entre 12,00 y 30,50 ha. En el caso del olivar intensivo esta horquilla se reduce de manera que el margen bruto mínimo se obtiene a partir de las 16,10 ha y el máximo a partir de las 33,50 ha en secano y para el riego entre las 7,00 ha y las 15,50 ha, superficies que no permitirían el acceso a las ayudas dirigidas a la creación de empresas para los jóvenes agricultores por no generar 1 UTA, tal y como se observa en la figura 1.

Figura 2. Margen Bruto obtenido en función de la superficie cultivada en los diferentes sistemas de cultivo.



De los resultados anteriores se deduce que la tipología de cultivo influye de manera determinante en el trabajo generado y en el beneficio obtenido, siendo inversamente proporcional la rentabilidad a las horas de trabajo por ha, cuando este fenómeno no va ligado a un aumento de producción (secano a riego), tema controvertido pero a todas luces lógico.

Los resultados presentados tienen que ser leídos con cautela, ya que los cálculos de los tiempos de trabajo y margen bruto puede diferir de forma significativa según el manejo y la tecnología asumida.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEMO (2020): Aproximación a los costes del cultivo del olivo. Desarrollo y conclusiones del estudio de AEMO.

Colombo, S., Ruz-Carmona, A. (2019). GestOli: un programa para el cálculo de los costes de producción en olivar incluyendo la estructura productiva de las explotaciones. XIX Simposio Científico-Técnico Expoliva, Jaén, 15-15 Mayo.

Parras et al., (2020). Los costes del olivar en la Provincia de Jaén: tipología de olivareros y aproximación a los costes de los municipios de la Provincia de Jaén.

INFLUENCIA DE LOS ABONOS QUÍMICOS SOBRE LA DIVERSIDAD DE ARTRÓPODOS EN EL OLIVAR DE EL ALENTEJO (PORTUGAL)

Rodríguez Sousa, Antonio Alberto. Universidad Complutense de Madrid, España, antonr05@ucm.es. MED – Mediterranean Institute for Agriculture, Environment and Development, Universidad de Évora, Portugal, aars@uevora.pt

Barandica Fernández, Jesús María. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Complutense de Madrid, España, jmbarand@ucm.es

Rescia Perazzo, Alejandro Javier. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Complutense de Madrid, España, alejo296@bio.ucm.es

RESUMEN: En Portugal, el olivar cuenta con 350.000 ha, concentrándose el 57,14% de esta superficie en El Alentejo, donde existe un gradiente de intensificación (i.e. densidad de plantación), predominando en el norte las gestiones de tipo tradicional, integrado y orgánico, mientras que en el sur predominan olivares intensivos o altamente-intensivos. El objetivo del presente estudio fue estimar en qué grado influyen los diferentes manejos sobre poblaciones de artrópodos (e.g. lepidópteros y coleópteros), que actúan como bioindicadores de calidad ambiental. El área de estudio se estratificó en función de la gestión olivarera y de los estados erosivos del territorio estimados acorde a la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE). Acorde a la estratificación realizada, se implementó un muestreo aleatorio simple seleccionando, para cada tratamiento (i.e. gestión y estado erosivo), 4 parcelas como unidades muestrales (tamaño muestral total n = 80 parcelas). En cada parcela se siguió el protocolo BMS (Butterfly Monitoring Scheme), capturando e identificando los lepidópteros diurnos. Del mismo modo, en cada parcela se colocaron 5 trampas pitfall de captura para coleópteros. Tras estimar la abundancia, riqueza y diversidad de los artrópodos muestreados, los resultados evidenciaron diferencias significativas entre las gestiones y niveles erosivos. La erosión afectó negativamente a la fauna, constituyendo los suelos erosionados una limitación para el desarrollo de las poblaciones de artrópodos. Por otro lado, la intensificación agrícola también perjudicó la diversidad estimada, por el mayor empleo de abonos químicos. Aunque los olivares son sistemas productivos, debe tenerse en cuenta su aporte de servicios ecosistémicos, destacando su papel como reservorio de biodiversidad. Específicamente, el carácter novedoso del olivar en Portugal crea una oportunidad única para realizar estudios destinados a optimizar su gestión, pudiendo realizar recomendaciones orientadas a evitar una intensificación a gran escala de estos sistemas y promover manejos agrícolas orientados a maximizar su multifuncionalidad.

PALABRAS CLAVE: Agricultura multifuncional, Intensificación agrícola, Paisajes agrícolas, Sistemas socio-ecológicos, Sostenibilidad

ABSTRACT: In Portugal, olive groves cover 350,000 ha, 57.14% of which are in El Alentejo region, where there is a gradient of intensification (i.e. plant density), with traditional, integrated and organic managements predominating in the north, and intensive or highly-intensive olive groves in the south. The aim of the present study was to estimate the degree to which different management practices influence arthropod populations (e.g. Lepidoptera and Coleoptera), which act as bioindicators of environmental quality. The study area was stratified according to the olive grove managements and erosive states of the territory estimated according to the Universal Soil Loss Equation (USLE). According to the stratification, a simple random sampling was implemented selecting, for each treatment (i.e. management and erosive state), 4 plots as sampling units (total sample size n = 80 plots). In each plot, the BMS (Butterfly Monitoring Scheme) protocol was followed, capturing and identifying diurnal Lepidoptera. Similarly, 5 pitfall traps were placed in each plot to capture beetles. After estimating the abundance, richness and diversity of the sampled arthropods, the results showed significant differences between management and erosion levels. Erosion negatively affected the fauna, with eroded soils constituting a limitation for the development of arthropod populations. On the other hand, agricultural intensification also damaged the estimated diversity, due to the increased use of chemical fertilisers. Although olive groves are productive systems, their contribution of ecosystem services must be taken into account, highlighting their role as a reservoir of biodiversity. Specifically, the novelty of olive groves in Portugal creates a unique opportunity for studies aimed at optimising their management, and recommendations can be made to avoid large-scale intensification of these systems and to promote agricultural management aimed at maximising their multifunctionality.

KEYWORDS: Agricultural intensification, Agricultural landscapes, Multifunctional agriculture, Social-ecological systems, Sustainability

1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

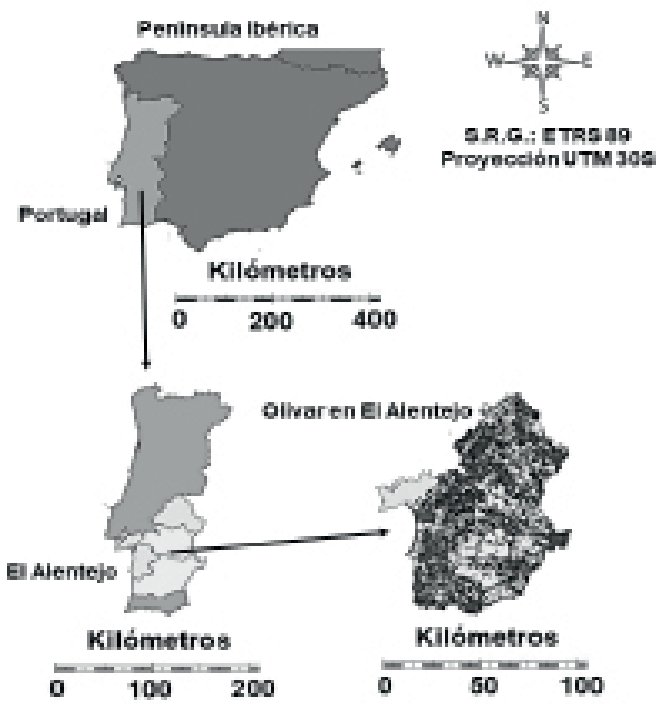
En Portugal, el olivar cuenta con más de 352.000 ha, concentrándose el 51% en El Alentejo. Dichos cultivos destacan por su aporte de servicios ecosistémicos (SE) a la sociedad. En El Alentejo, un factor determinante de la intensificación olivarera es la elevada disponibilidad hídrica derivada del embalse de Alqueva. Si bien en el sur de la región predominan cultivos intensivos o altamente-intensivos, en el norte aún existen explotaciones tradicionales, integradas y orgánicas. Un factor que determina la transición hacia una agricultura intensiva es el empleo de abonos con nitrógeno, fósforo y potasio (abonos NPK). La aplicación de estos insumos químicos conlleva consecuencias sobre la dimensión ambiental de los cultivos, afectando a la biodiversidad del sistema. El objetivo del presente estudio consistió en comprobar la influencia de las gestiones olivareras (concentración de abonos NPK), sobre determinados bioindicadores de calidad ambiental (i.e. biodiversidad).

2. METODOLOGÍA

2.1. Área de estudio

El área de estudio fue El Alentejo (51% de la superficie de olivar en Portugal) (Figura 1).

Figura 1. Ubicación de El Alentejo como área de estudio.



Fuente: elaboración propia.

En dicha región, donde predomina un clima mediterráneo templado, el olivar conforma paisajes heterogéneos, situándose dichos cultivos sobre suelos calizos de textura franca y de hasta 150 cm de profundidad, presentando una altitud de 200-600 metros sobre el nivel del mar (msnm) (Rodríguez Sousa *et al*., 2021).

2.2. Estratificación del área de estudio, toma y procesado de muestras

Se caracterizó el área de estudio acorde a sus gestiones olivareras, teniendo en cuenta la densidad de plantación (Tabla 1), y se calibró la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) para el área de estudio (Wischmeier y Smith, 1960).

Tabla 1. Calibración USLE en El Alentejo.

Gestión	*Estado erosivo*	*A (t ha^{-1} año^{-1})*
Tradicional	Nulo	---
	Leve	2,24
	Moderado	11,37
	Severo	27,03
Integrada	Nulo	---
	Leve	1,47
	Moderado	7,81
	Severo	20,29
Orgánica	Nulo	---
	Leve	0,56
	Moderado	2,71
	Severo	7,40
Intensiva	Nulo	---
	Leve	3,93
	Moderado	12,38
	Severo	30,05
Altamente-intensiva	Nulo	---
	Leve	4,60
	Moderado	15,31
	Severo	43,01

Fuente: elaboración propia.

Se obtuvieron 20 tratamientos y se seleccionaron 4 parcelas por tratamiento, obteniendo un tamaño muestral de n = 80 parcelas. Se aplicó el protocolo BMS (Butterfly Monitoring Scheme) para la captura de lepidópteros diurnos (Scandurra *et al.*, 2018). Se colocaron 5 trampas pitfall para la recolección de fauna artrópoda (principalmente coleópteros). La diversidad fue cuantificada a través del índice de Shannon (Ecuación 1):

$$H' = -\Sigma p_i \cdot log_2 p_i$$

donde H': diversidad, en bits; p_i: abundancia relativa de cada especie.

Finalmente, en cada parcela, se recogieron 3 muestras de suelo para analizar el contenido en nitratos y fosfatos mediante colorimetría, y potasio mediante fotometría (Duan *et al.*, 2009).

2.3. Análisis estadísticos

Se testó la normalidad y homocedasticidad de los datos. Para comprobar la existencia de diferencias entre tratamientos se empleó un análisis de la varianza (ANOVA) o test H y un test posthoc. Estos análisis fueron realizados empleando el software RStudio (versión 0.98.1102 – © RStudio 2009-2014), empleando un nivel α = 0,05.

3. RESULTADOS

Se observó un carácter no paramétrico de las variables estudiadas. Al ejecutar los Tests H se evidenciaron diferencias significativas ($p < 0{,}001^{***}$) para las variables entre tratamientos (Tablas 2 y 3):

Tabla 2. Valor medio de las variables edáficas en cada tratamiento. Los superíndices entre a-d indican los grupos clasificatorios de los test post-hoc para establecer categorías semejantes.

Gestión	*Nivel erosivo*	*Nitratos (ppm)*	*Fosfatos (ppm)*	*Potasio (µg gr^{-1})*
Tradicional	Nulo	6,72^{a}	2,02^{a}	78,06^{a}
	Leve	6,59^{a}	2,50^{a}	75,43^{b}
	Moderado	6,81^{a}	2,37^{a}	72,12^{b}
	Severo	6,95^{a}	2,44^{a}	70,18^{b}
Integrada	Nulo	4,55^{b}	1,75^{b}	75,56^{a}
	Leve	5,21^{b}	1,77^{b}	77,65^{a}
	Moderado	4,82^{b}	1,84^{b}	71,15^{b}
	Severo	4,77^{b}	1,92^{b}	70,11^{b}
Orgánica	Nulo	2,84^{c}	0,15^{c}	72,34^{b}
	Leve	2,93^{c}	0,12^{c}	71,12^{b}
	Moderado	3,05^{c}	0,12^{c}	75,56^{a}
	Severo	3,11^{c}	0,14^{c}	77,30^{a}
Intensiva	Nulo	9,65^{d}	2,89^{d}	83,34^{c}
	Leve	9,54^{d}	3,15^{d}	88,90^{c}
	Moderado	9,55^{d}	3,17^{d}	85,56^{c}
	Severo	9,80^{d}	3,24^{d}	82,21^{c}
Altamente-intensiva	Nulo	12,45^{e}	3,55^{e}	91,25^{d}
	Leve	12,50^{e}	3,76^{e}	90,19^{d}
	Moderado	13,02^{e}	3,51^{e}	91,33^{d}
	Severo	13,44^{e}	3,82^{e}	91,28^{d}

Fuente: elaboración propia.

Aunque en general cada gestión olivarera conformó un grupo estadístico independiente para las variables edáficas, la adición de insumos químicos fue progresivamente superior hacia las prácticas de gestión más intensivas.

Tabla 3. Valor de las variables de biodiversidad (R: riqueza; A: abundancia; D: diversidad) en cada tratamiento. Los superíndices entre a-d indican los grupos clasificatorios de los test post-hoc para establecer categorías semejantes.

Gestión	*Nivel erosivo*	*Lepidópteros*			*Coleópteros*		
		R (sps)	*A (individuos)*	*D (bits)*	*R (sps)*	*A (individuos)*	*D (bits)*
Tradicional	Nulo	3^{a}	14^{a}	$0,48^{a}$	4^{a}	16^{a}	$0,50^{a}$
	Leve	3^{a}	11^{a}	$0,51^{a}$	4^{a}	14^{a}	$0,51^{a}$
	Moderado	3^{a}	12^{a}	$0,50^{a}$	3^{a}	9^{b}	$0,52^{a}$
	Severo	2^{a}	8^{a}	$0,50^{a}$	2^{a}	7^{b}	$0,51^{a}$
Integrada	Nulo	4^{a}	15^{a}	$0,51^{a}$	5^{a}	23^{a}	$0,48^{a}$
	Leve	4^{a}	14^{a}	$0,51^{a}$	6^{a}	25^{a}	$0,49^{a}$
	Moderado	4^{a}	14^{a}	$0,51^{a}$	5^{a}	21^{a}	$0,49^{a}$
	Severo	3^{a}	9^{a}	$0,52^{a}$	1^{b}	7^{b}	$0,40^{a}$
Orgánica	Nulo	8^{a}	28^{b}	$0,52^{a}$	6^{a}	27^{a}	$0,48^{a}$
	Leve	6^{a}	25^{b}	$0,49^{a}$	5^{a}	24^{a}	$0,48^{a}$
	Moderado	7^{a}	21^{b}	$0,53^{a}$	5^{a}	22^{a}	$0,48^{a}$
	Severo	4^{a}	19^{b}	$0,47^{a}$	2^{b}	12^{b}	$0,43^{b}$
Intensiva	Nulo	3^{b}	17^{a}	$0,44^{a}$	5^{a}	24^{a}	$0,48^{a}$
	Leve	3^{b}	15^{a}	$0,42^{a}$	3^{a}	22^{a}	$0,39^{b}$
	Moderado	2^{b}	12^{a}	$0,43^{a}$	0^{c}	0^{c}	0^{c}
	Severo	1^{b}	5^{c}	$0,46^{a}$	0^{c}	0^{c}	0^{c}
Altamente-intensiva	Nulo	0^{c}	0^{d}	0^{b}	0^{c}	0^{c}	0^{c}
	Leve	0^{c}	0^{d}	0^{b}	0^{c}	0^{c}	0^{c}
	Moderado	0^{c}	0^{d}	0^{b}	0^{c}	0^{c}	0^{c}
	Severo	0^{c}	0^{d}	0^{b}	0^{c}	0^{c}	0^{c}

Fuente: elaboración propia.

Se observó un descenso en todos los parámetros de biodiversidad en las prácticas agrícolas de intensificación debido a una relación con el incremento del empleo de abonos NPK en estos modelos de gestión (ver Tabla 2).

4. DISCUSIÓN

La intensificación olivarera responde a una demanda productiva a costa de ocasionar perjuicios ambientales derivados de las prácticas de estos modelos (i.e. insumos químicos, fertirrigación). Nuestros resultados corroboraron la mayor adición de abonos NPK en la olivicultura intensiva y altamente-intensiva, ocasionando esto un impacto negativo sobre la biodiversidad (i.e. lepidópteros y coleópteros), que actúan como bioindicadores de calidad ambiental (Scandurra *et al.*, 2016). Por el contrario, teniendo en cuenta que en la agricultura tradicional e integrada se aplican abonos químicos de más controlada, llama la atención las escasas diferencias en términos de biodiversidad con la agricultura orgánica. Esto puede ser debido a que dichas parcelas eran contiguas a olivares con otras gestiones, teniendo lugar fenómenos de contaminación difusa por aguas subterráneas.

Por otra parte, los suelos erosionados constituyeron una limitación para el desarrollo de las poblaciones de artrópodos, probablemente por una mayor compactación del territorio y menor porosidad, junto a una mayor concentración de fertilizantes, limitando así los hábitats para dicha biodiversidad (Duan *et al.*, 2009).

5. CONCLUSIONES

Aunque el presente estudio está en desarrollo, se apreció un efecto nocivo directo de la erosión y la intensificación agrícola sobre la diversidad de los olivares derivado de un mayor empleo de abonos NPK. Teniendo en cuenta la expansión olivarera en Portugal, su aporte de SE no productivos debe ser reconocido a través de políticas multiescalares, destacando su papel como reservorio de agrobiodiversidad, para satisfacer las necesidades poblacionales hacia la agricultura.

Agradecimientos: Antonio Alberto Rodríguez Sousa, investigador de la Universidad Complutense de Madrid (UCM) cedido al MED y Universidad de Évora, siendo Investigador Principal del Proyecto ASMO - Análisis comparativo de la Sostenibilidad y Multifuncionalidad Olivarera en dos regiones de la Península Ibérica a través de un enfoque de ecología del paisaje: el Alentejo (Portugal) y el Sureste de Madrid (España), fue apoyado por un Contrato Postdoctoral Margarita Salas para la Formación de Jóvenes Doctores (Convocatoria plurianual para la recualificación del Sistema Universitario Español para 2021-2023; https://www.ucm.es/ct31-21) financiado por la UCM a través del Ministerio de Universidades, Gobierno de España y Unión Europea – NextGenerationEU.



6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Duan, X. W., Yun, X., Feng, Y. J., Yin, S. Q. (2009): «Study on the method of soil productivity assessment in black soil region of Northeast China», *Agric Sci China*, 8(4), 472-481, doi: 10.1016/S1671-2927(08)60234-5.

Rodríguez Sousa, A. A., Muñoz-Rojas, J., Pinto-Correia, T., Aguilera, P. A., Barandica, J. M., Rescia, A. J. (2021): «A Comparative Analysis of Soil Loss Tolerance and Productivity of the Olive Groves in the Protected Designation of Origin (PDO) Areas Norte Alentejano (Portugal) and Estepa (Andalusia, Spain)», *Agronomy*, 11(4), 665, doi: 10.3390/agronomy11040665.

RStudio. (2009-2014): «RStudio version 0.98.1102. Open source and enterprise-ready professional software for R», *Inc., Boston, MA, United States*, <https://www.rstudio.com/products/RStudio/> (consulta: 07/4/2022).

Scandurra, A., Magliozzi, L., Fulgione, D., Aria, M., D'Aniello, B. (2016): «Lepidoptera Papilionoidea communities as a sentinel of biodiversity threat: the case of wild boar rooting in a Mediterranean habitat», *J Insect Conserv*, 20(3), 353-362, doi: 10.1007/s10841-016-9863-0.

Wischmeier, W. H., Smith, D. D. (1960): «A universal soil-loss equation to guide conservation farm planning», *Soil Sci*, 1, 418-425, record number: 19621901607.

MÉTODOS GEO-ESPACIALES PARA EL CONTROL REMOTO DE LA EROSIÓN HÍDRICA DEL SUELO EN OLIVARES

Grupo de Investigación en Análisis Geográfico, Departamento de Geografía,
Universidad de Málaga, España
Instituto de Ciencias Agrarias – CSIC, Madrid
Lima-Cueto, Francisco J., Universidad de Málaga, lima@uma.es
Blanco-Sepúlveda, Rafael, Universidad de Málaga, rblanco@uma.es
Gómez Moreno, María-Luisa, Universidad de Málaga, geolugom@uma.es
Galacho-Jiménez, Federico Benjamín, Universidad de Málaga, fbgalacho@uma.es
Dorado, José, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, jose.dorado@csic.es
Peña-Barragán, José M., Consejo Superior de Investigaciones Científicas, jmpena@ica.csic.es

RESUMEN: Desde mediados del S.XX tiene lugar una transición socio-ecológica del cultivo del olivo, entendida como un proceso mediante el cual se ha ido intensificando su sistema productivo con el empleo de labranza excesiva y agroquímicos que han incrementado significativamente los procesos de erosión hídrica que afectan al suelo.

La Política Agraria Comunitaria en 2003 se hizo eco de esta situación e instauró el sistema de Condicionalidad. En él que estableció una serie de medidas generales relacionadas con la conservación del suelo y prevención de la erosión que debían ser adaptadas por cada uno de los estados miembros al medio en el que iban a ser aplicadas, e ir acompañadas por instrumentos de control y seguimiento que velaran por su cumplimiento.

Esta comunicación resume parte de un trabajo en el que se pretende aplicar la teledetección y los sistemas de información geográfica para el diseño de una innovadora herramienta automática que permita el seguimiento y control del manejo de suelo a fin de velar por su protección. Para ello, se seleccionó como área piloto el piedemonte de la Sierra de las Nieves, situado en el centro-oeste de la provincia de Málaga (España). En ella se tomaron imágenes de dron con dos sensores (multiespectral y RGB) en las que se aplicaron índices de vegetación (VI) para cuantificar la densidad de cubierta vegetal de suelo en olivar y técnicas de análisis de imagen basada en objeto (OBIA) para crear un algoritmo original que permitiera mapear las operaciones de labranza.

Los resultados mostraron gran precisión con factores críticos de la erosión como: i) la cubierta vegetal del suelo explicando el 82% (p<0,001) de la variabilidad de la densidad de cubierta vegetal y ii) laboreo, mediante el innovador procedimiento *OBIA4tillage* que produjo mapas de labranza con muy alta precisión, tanto para las imágenes RGB como para las multiespectrales (R^2 de 0,99 y 0,93, respectivamente).

PALABRAS CLAVE: *OBIA4tillage*, índices de vegetación, Buenas condiciones agrícolas y medioambientales, Vehículo aéreo no tripulado, Olivar.

ABSTRACT: Since the mid-20th century there has been a socio-ecological transition in olive cultivation, understood as a process by which the production system has been intensified with the use of excessive tillage and agrochemicals that have significantly increased the processes of water erosion affecting the soil.

The Community Agricultural Policy in 2003 took this situation into account and established the cross-compliance system. It established a series of general measures related to soil conservation and erosion prevention that had to be adapted by each of the member states to the environment in which they were to be applied, and accompanied by control and monitoring instruments to ensure compliance.

This communication is part of a project that aims to apply remote sensing and geographic information systems to design an innovative automatic tool to monitor and control soil management in order to ensure its protection. For this purpose, the foothills of the Sierra de las Nieves, located in the centre-west of the province of Malaga (Spain), were selected as a pilot area. Drone images were taken with two sensors (multispectral and RGB) in which vegetation indices were applied to quantify the ground vegetation cover density in olive groves and object-based image analysis (OBIA) techniques were used to create an original algorithm to map tillage operations.

The results showed high accuracy with critical erosion factors such as: i) ground vegetation cover explaining 82% ($p<0.001$) of the variability of ground vegetation cover density and ii) tillage, using the innovative OBIA4tillage procedure that produced tillage maps with very high accuracy for both RGB and multispectral images (R^2 of 0.99 and 0.93, respectively).

KEYWORDS: *OBIA4tillage*, vegetation index, good agricultural and environmental conditions, unmanned aerial vehicle (UAV), olive orchards.

1. RESUMEN AMPLIADO

Desde los acebuches naturales hasta las plantaciones de olivar actual ha mediado un largo proceso de interacción hombre-medio no exento de efectos ambientales negativos, entre los que destaca la erosión hídrica del suelo. Este tipo de degradación del suelo se ha configurado como un problema constante directamente relacionado con el manejo inadecuado del suelo agrícola, y más acusado en ámbitos mediterráneos donde las pendientes suelen ser pronunciadas, y las precipitaciones escasas y de carácter torrencial. Así, en la actualidad, la sostenibilidad de muchas de las explotaciones de olivar, sobre todo las de montaña, se encuentra cada vez más comprometida.

De todos los factores que influyen en este tipo de erosión (hídrica), el manejo del suelo y la cubierta vegetal están considerados los más dinámicos y determinantes (García-Ruiz et al., 2015; Labrière et al., 2015). Los volúmenes de pérdida de suelo neta se agravan intensamente cuando el suelo está desagregado y no tiene ningún tipo de cobertura capaz de amortiguar la energía

del impacto de la gota de agua. Esto ocurre comúnmente en los olivares, donde el área entre hileras se mantiene desnuda de plantas mediante laboreo para evitar la competencia por el agua y los nutrientes con el cultivo (Gómez et al., 2018). Chen et al. (2021) señalaron el papel crucial de la cubierta vegetal viva en los sistemas áridos y semiáridos, y Blanco et al. (2021) mostraron el papel clave de la cubierta vegetal muerta en las tasas erosivas. Por su parte, en la actualidad, la labor mecanizada sigue siendo la práctica de gestión del suelo más común en las tierras de cultivo mediterráneas (Gómez et al., 2018), sin embargo, su uso intensivo e irracional puede empeorar la estructura del suelo y con ello su respuesta hidrológica generando mayores tasas de escorrentía (Sastre et al., 2018). En cultivos de ladera, el uso del laboreo acelera los procesos de erosión (Beniston et al., 2015) provocando la alteración de la estructura del suelo, haciéndolo más susceptible a la erosión y a la pérdida de fertilidad (Zhang et al., 2017). Una dirección de labor orientada a favor de la pendiente puede convertirse en caminos preferenciales de escorrentía y provocar un incremento de la erosión hídrica (Souchere et al., 1998; Takken et al., 2001). Por lo tanto, para controlar la erosión hídrica, es necesario implementar medidas biofísicas derivadas directamente de la gestión del suelo a nivel de campo, ladera o cuenca.

Ante dicha situación, en 2003 la PAC incluye en el sistema de Condicionalidad las Buenas Condiciones Agrarias y Medioambientales de la tierra (BCAM) (Reglamento UE Nº 640/2014), donde se adoptan por primera vez medidas destinadas a la conservación del suelo y su reserva de carbono relacionadas con la cobertura vegetal y del laboreo racional de obligado cumplimiento por los beneficiarios de las ayudas: *"Cobertura mínima del suelo"* (BCAM 4), *"Gestión mínima de las tierras que refleje las condiciones específicas locales para limitar la erosión"* (BCAM 5), *"mantenimiento del nivel de materia orgánica del suelo mediante prácticas apropiadas, incluida la prohibición de quemar rastrojos arables, excepto por razones de sanidad vegetal"* (BCAM 6).

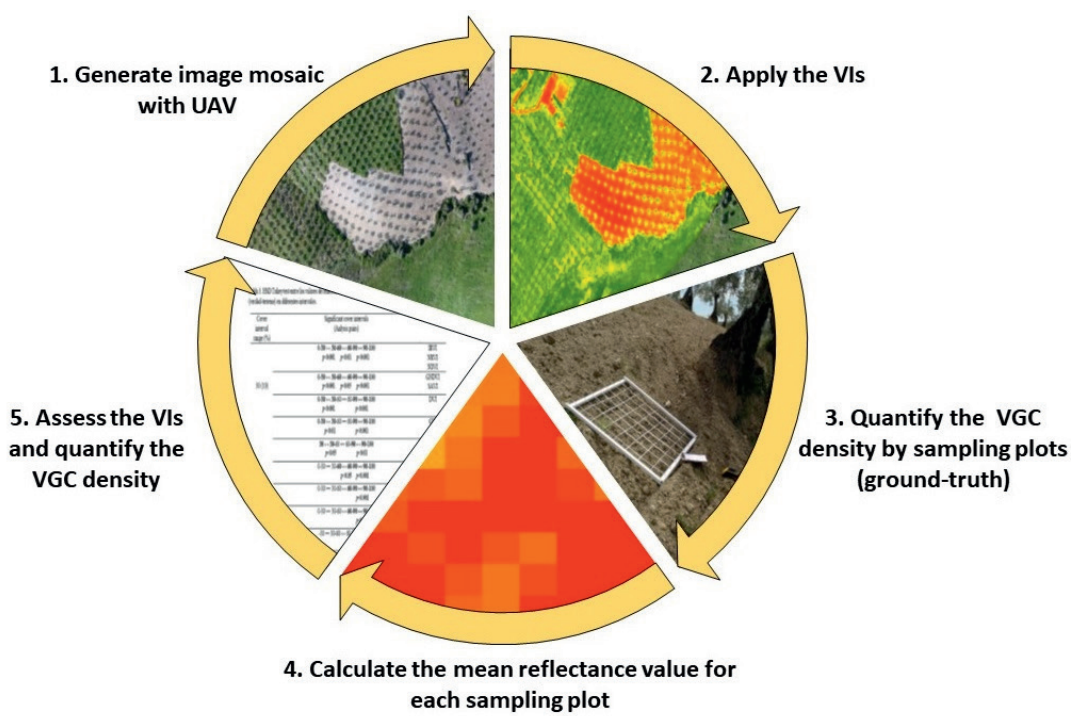
En España la carencia de herramientas específicas que controlen y valoren los factores de erodabilidad relacionados con el suelo impide la realización de un control efectivo del estado erosivo del suelo y de la aptitud de las medidas aplicadas. Lo que, a su vez, imposibilita el control efectivo de la Condicionalidad, y su adaptación a cada una de las regiones que componen los estados miembros.

Por tanto, la finalidad fundamental de este trabajo1 es la aplicación y desarrollo de técnicas de detección remota que proporcionen información de utilidad relacionada con la erosión hídrica y conservación del suelo en explotaciones de olivar que permitan mejorar los procedimientos de control empleados por los organismos competentes en el cumplimiento de la Condicionalidad (PAC) para alcanzar una gestión ambiental sostenible de las explotaciones agrícolas. Los objetivos son: (i) analizar la capacidad de los índices de vegetación (VI), aplicados a imágenes obtenidas por tecnología dron, para cuantificar la densidad de cubierta vegetal de suelo (VGC) en los olivares y (ii) analizar campos agrícolas arados, identificar y cartografiar las marcas de labranza y calcular automáticamente la dirección principal de los surcos de labranza.

El estudio se desarrolló en fincas de olivar comercial de montaña media situadas en Sierra de las Nieves (Málaga) y gestionadas bajo diferentes sistemas de manejo (convencional y ecológico con labor/sin labor).

Para la cuantificación de la cubierta vegetal del suelo del olivar se aplicó un método de trabajo que constaba de los siguientes pasos (Figura 1): (1) tomar imágenes en 57 fincas de olivares comerciales con un dron quadcopter Parrot Bluegrass (Parrot S. A, París, Francia) y sensor multiespectral Parrot Sequoia (Parrot S. A, París, Francia), (2) aplicar 11 índices de vegetación (IRV, RVI, DVI, GVI, GRVI, VREI, NDVI, NRDE, NRVI, GNDVI y SAVI), (3) cuantificar la densidad de cobertura vegetal del suelo por medio de 115 parcelas de muestreo usadas como verdad-terreno y distribuidas aleatoriamente, (4) calcular el valor de reflectancia medio de las bandas espectrales y de los índices de vegetación en las parcelas de muestreo y (5) evaluar la sensibilidad de los índices de vegetación mediante análisis de regresión lineal (Stepwise method), análisis de la varianza (ANOVA) y el test de Tukey's honestly-significant-difference (HSD).

Figura 1. Metodología cuantificación remota de la densidad de cubierta vegetal de suelo en olivar

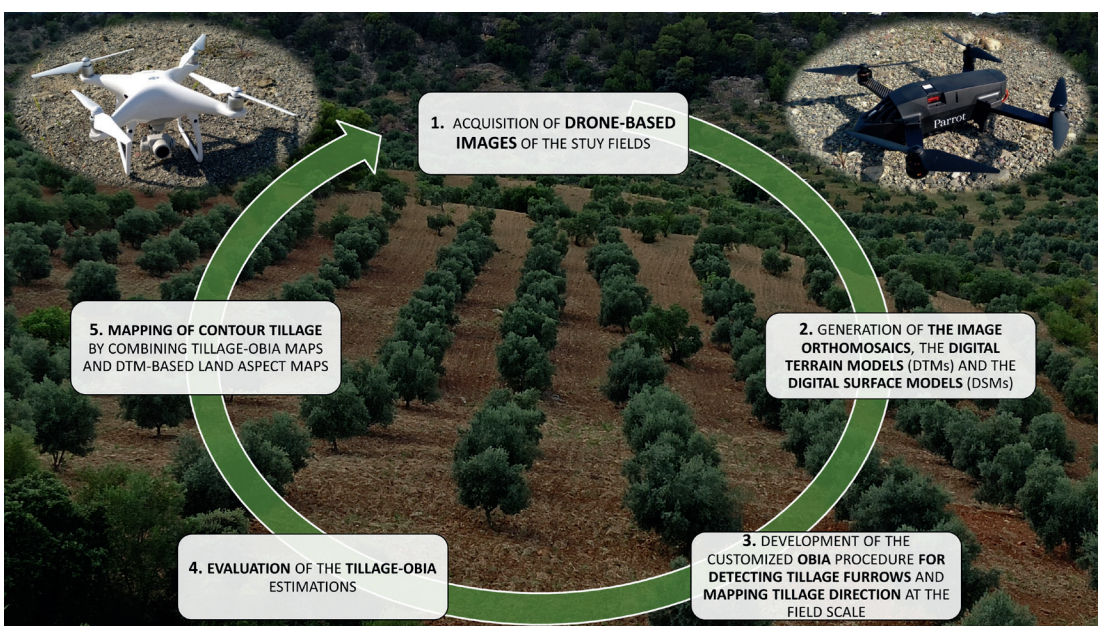


Reproducido de Lima et al., (2019)

A diferencia del método anterior, para la cuantificación de la cubierta vegetal del suelo del olivar, la bibliografía existente no reflejaba técnicas ni metodologías apropiadas que hubieran sido empleadas

con éxito en el estudio de las características del laboreo al nivel requerido, por lo que se articularon las siguientes fases (Figura 2): (i) adquisición de imágenes de ultra alta resolución en 20 fincas de olivares comerciales con varios drones (Parrot Bluegrass/ DJI Phantom 4 Pro) y cámaras (Parrot Sequoia/ sensor RGB de 20 Mpx), (2) generación del ortomosaico y productos geoespaciales con el software Pix4Dmapper Pro, versión 4.2.25 (Pix4D S.A., Prilly, Suiza), (3) desarrollo y aplicación en el software eCognition Developer 9.5 (Trimble GeoSpatial, Munich, Alemania), de un algoritmo original (*OBIA4Tillage*) para mapear las operaciones de labranza usando técnicas de análisis de objeto.

Figura 2. Metodología para la determinación remota de características del laboreo.



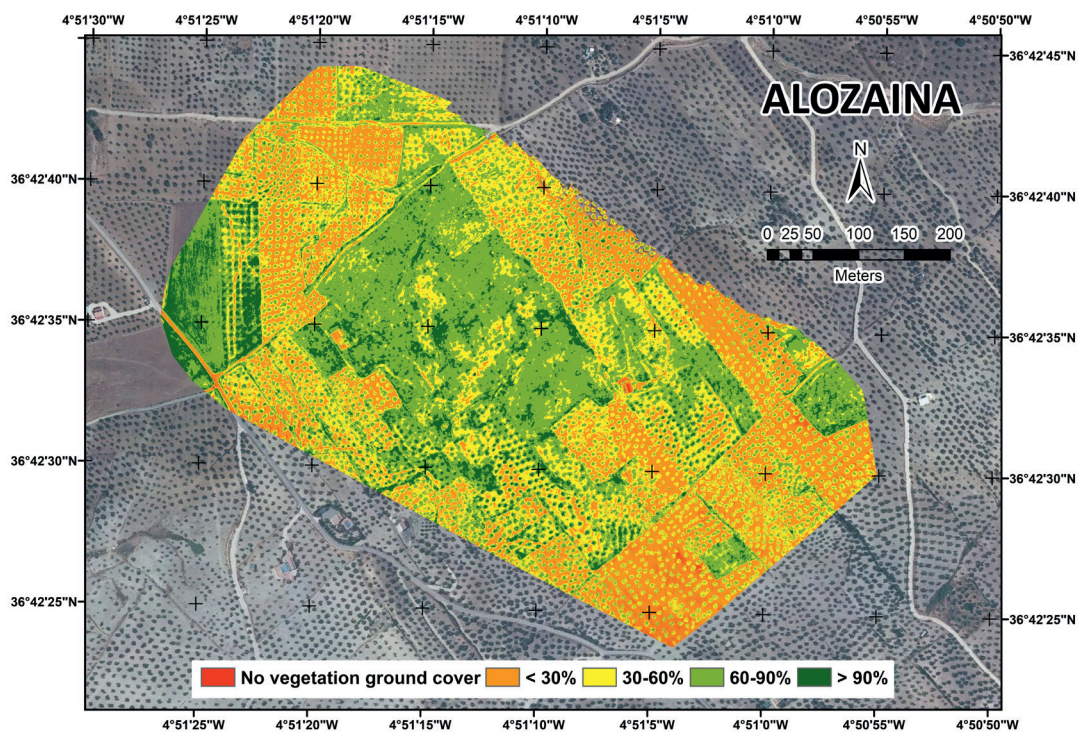
Reproducido de Lima et al., (2021)

Los resultados manifestaron la capacidad de los mecanismos de análisis remoto para el estudio del manejo de suelo en olivar (cubierta vegetal del suelo y laboreo) (figura 3 y 4). En el primer caso, los análisis de regresión entre las bandas espectrales y la VGC de olivar mostraron que los VI cuantificaron con éxito la VGC e incrementaron la información de reflectancia de la vegetación obtenida por las bandas espectrales de manera individual. IRVI, NDVI y NRVI fueron los que presentaron mayor capacidad explicativa para estimar la densidad de VGC (R^2>0,81, p<0,001) presente en el área de estudio.

La capacidad de los VI para diferenciar densidades de VGC aumentó con el incremento del rango de intervalo de cubierta. El HSD Tukey test mostró que los índices más adecuados para cuantificar zonas con densidades de VGC superiores al 80%, a un rango de intervalo de cubierta del 10%, fueron RVI (p<0,001), DVI, GVI y SAVI (p<0,01) y NRVI y NDVI (p<0,05). Para la

discriminación de zonas con densidad de VGC inferior al 30%, IRVI (p<0,01) se mostró como el índice más significativo a un rango de intervalo de cubierta del 15%. No fue hasta el rango de intervalo de cubierta del 30% cuando IRVI, NRVI y NDVI (p<0,001 y p<0,01) y GNDVI y SAVI (p<0,001 y p<0,05) se mostraron significativos para diferenciar todos los intervalos de cobertura vegetal con un mismo rango. De lo anterior, se deduce que los VI son especialmente sensibles para detectar y cuantificar superficies homogéneas, como son las zonas completamente cubiertas y las zonas sin cubierta vegetal, lo que no ocurre cuando la VGC es escasa o intermedia, debido a que la reflectancia de la superficie no depende exclusivamente de la cubierta, sino también de otros factores, como el suelo (Huete et al., 1985; Iaquinta y Fouilloux, 1998).

Figura 3. Mapa de cuantificación de densidad de cubierta vegetal del suelo en olivar con IRVI.

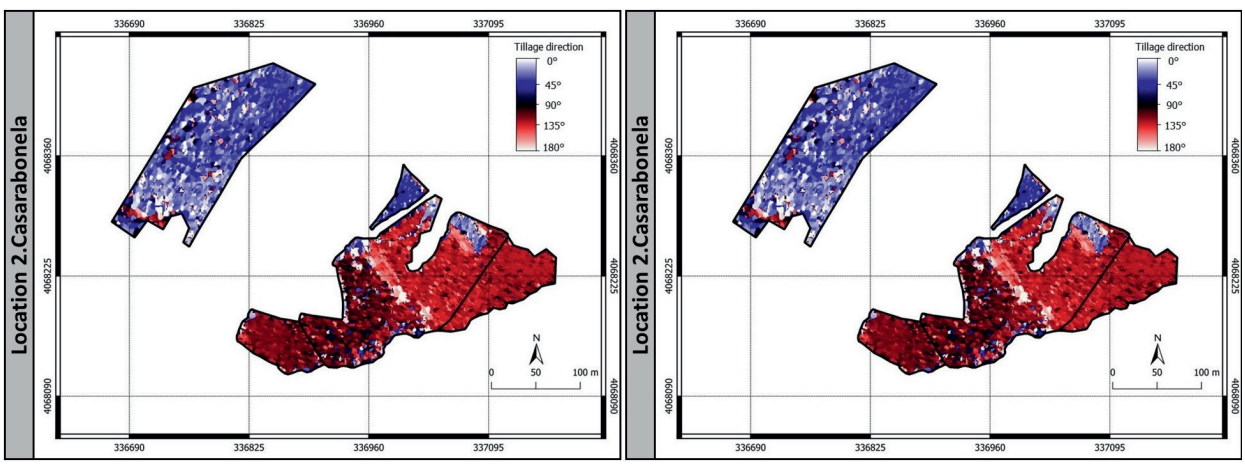


Reproducido de Lima et al., (2019)

En el segundo caso (laboreo), el principal avance obtenido en esta etapa ha sido el procedimiento automático, robusto y auto adaptable a cualquier imagen remota de ultra alta resolución (UHR). Independientemente del sensor utilizado (RGB y multiespectral) y del escenario estudiado (por ejemplo, patrón de plantación de árboles, tonalidades de suelo, etc.), *OBIA4tillage* se ha mostrado capaz de realizar con éxito tres tareas consecutivas: 1) identificación remota y automática del rasgo de la labranza (surco), 2) cálculo de la dirección de los surcos de la labranza (figura 4a), y 3) zonificación de las áreas de labranza de contorno y sin contorno (figura 4b). La relación lineal

entre los valores observados y los estimados de la dirección de labranza mostró una alta precisión del procedimiento *OBIA4tillage* para ambos sensores empleados. No obstante, los resultados con RGB fueron ligeramente mejores (R^2 = 0,992), que los obtenidos con el sensor multiespectral (R^2 = 0,927) con RMSE de 3,23 y 9,65 respectivamente. Esto puede atribuirse a la mayor resolución espacial del primero (imágenes de 5472 × 3648 píxeles, 20 MP) con respecto al segundo (imágenes de 1280 × 960 píxeles, 1,2 MP).

Figura 4. Mapas de dirección del laboreo (a) y de laboreo de contorno/no contorno (b).



Reproducido de Lima et al., (2021)

El procedimiento *OBIA4tillage* era insensible al suelo mostrando resultados similares para suelos claros y oscuros (R^2 = 0,96), aunque la RMSE era bastante mejor en los suelos claros. En cambio, la densidad de vegetación en el suelo sí afectó de manera directa mostrando los mejores resultados en zonas con valores extremos de densidad de cobertura vegetal de suelo, es decir, ya sea en zonas de vegetación densa o en suelo desnudo (R^2 = 0,99), y una muy baja RMSE de 2,21 y 3,77 respectivamente. Por el contrario, tenía cierta imprecisión en la estimación de las direcciones de labranza en zonas con una densidad de vegetación media (R^2 = 0,96, RMSE = 6,80) y dispersa (R^2 = 0,81, RMSE = 8,20), debido a que las marcas de labranza eran más difíciles de identificar en estos últimos escenarios por el impacto de los parches irregulares de vegetación en la estructura del suelo. Investigaciones resultantes de la etapa anterior (Lima et al., 2019), mostraron escenarios en los que las imágenes multiespectrales de UAV lograron mejores estimaciones de la densidad de cubierta vegetal en zonas con valores altos (>80%) y bajos (<30%) de cubierta vegetal. Reafirmando así, el peso relativo de la vegetación y el suelo en el resultado del análisis remoto (Iaquinta y Fouilloux, 1998).

En conclusión, se ha mostrado la capacidad de los índices de vegetación junto con la tecnología UAV para cuantificar la densidad de cubierta vegetal de suelo en olivar bajo diferentes

escenarios contribuyendo a cubrir las necesidades de herramientas de control y seguimiento que permitiría a la PAC el cumplimiento de la condicionalidad en materia de cobertura mínima del suelo. También, *OBIA4tillage* se ha consolidado como un procedimiento automático y remoto óptimo para evaluar las características críticas de la labranza en parcelas cultivadas con muy alta precisión y bajo costo de computación, permitiendo evaluar y mapear, con gran nivel de detalle, las características de la labranza en olivares. Con ello, se contribuye a la provisión de herramientas de control y seguimiento que permitan a los beneficiarios de la PAC cumplir los requisitos de la condicionalidad, permitiendo cartografiar la labranza de contorno en múltiples parcelas aradas en diferentes fechas y con una amplia gama de matices de suelo, densidad de vegetación y topografía.

BIBLIOGRAFÍA:

Beniston, J.W., Shipitalo, M.J., Lal, R., Dayton, E.A., Hopkins, D.W., Jones, F., Joynes, A., Dungait, J.A.J., 2015. Carbon and macronutrient losses during accelerated erosion under different tillage and residue management. European Journal of Soil Science 66, 218–225. https://doi.org/10.1111/ejss.12205

Blanco, R., 2018. An erosion control and soil conservation method for agrarian uses based on determining the erosion threshold. MethodsX 5, 761–772. https://doi.org/10.1016/j.mex.2018.07.007

Chen, J., Li, Z., Xiao, H., Ning, K., Tang, C., 2021. Effects of land use and land cover on soil erosion control in southern China: Implications from a systematic quantitative review. J. Environ. Manage. 282, 111924. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111924.

García-Ruiz, J.M., Beguería, S., Nadal-Romero, E., González-Hidalgo, J.C., Lana-Renault, N., Sanjuán, Y., 2015. A meta-analysis of soil erosion rates across the world. Geomorphology 239, 160–173. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.03.008.

Gómez, J.A., Campos, M., Guzmán, G., Castillo-Llanque, F., Vanwalleghem, T., Lora, Á., Giráldez, J.V., 2018. Soil erosion control, plant diversity, and arthropod communities under heterogeneous cover crops in an olive orchard. Environ. Sci. Pollut. Res. 25, 977–989. https://doi.org/10.1007/s11356-016-8339-9.

1 Esta comunicación es la síntesis de dos publicaciones, LIMA-CUETO, F. J.; BLANCO-SEPÚLVEDA, R.; GÓMEZ-MORENO, M. L. AND GALACHO-JIMÉNEZ, F. B. (2019). Using Vegetation Indices and a UAV Imaging Platform to Quantify the Density of Vegetation Ground Cover in Olive Groves (Olea Europaea L.) in Southern Spain. Remote Sens. 11, 2564; https://doi.org/10.3390/rs11212564. y LIMA, F.; BLANCO-SEPÚLVEDA, R.; GÓMEZ-MORENO, M. L. DORADO, J. PEÑA, J. M. (2019). Mapping tillage direction and contour farming by object-based analysis of uav images. Computers and Electronics in Agriculture, 187, 106281; https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106281. Ambas forman parte de la tesis por compendio "Desarrollo de métodos geo-espaciales de evaluación y seguimiento de las medidas de carácter medioambiental de la política agraria común (PAC) en relación al control de la erosión hídrica del suelo. Aplicación en explotaciones de olivar de montaña de la provincia de Málaga" realizada por Francisco Lima Cueto y codirigida por Rafael Blanco Sepúlveda y Mª Luisa Gómez Moreno, defendida el 4 de marzo de 2022 en la Universidad de Málaga.

Huete, A.R., Jackson, R.D., Post, D.F., 1985. Spectral response of a plant canopy with different soil back grounds. Remote Sens. Environ. 17, 37–53. https://doi.org/10.1016/0034-4257(85)90111-7

Iaquinta, J., Fouilloux, A., 1998. Influence of the heterogeneity and topography of vegetated land surfaces for remote sensing applications. Int. J. Remote Sens. 19, 1711–1723. https://doi.org/10.1080/014311698215207

Labrière, N., Locatelli, B., Laumonier, Y., Freycon, V., Bernoux, M., 2015. Soil erosion in the humid tropics: A systematic quantitative review. Agric. Ecosyst. Environ. 203, 127–139. https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.01.027.

Lima-Cueto, F. J.; Blanco-Sepúlveda, R.; Gómez-Moreno, M. L. And Galacho-Jiménez, F. B. (2019). Using Vegetation Indices and a UAV Imaging Platform to Quantify the Density of Vegetation Ground Cover in Olive Groves (Olea Europaea L.) in Southern Spain. *Remote Sens*. 11, 2564;

Lima, F.; Blanco-Sepúlveda, R.; Gómez-Moreno, M. L. Dorado, J. Peña, J. M. (2021). Mapping tillage direction and contour farming by object-based analysis of uav images. Computers and Electronics in Agriculture, 187, 106281; https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106281.

Sastre, B., Marques, M.J., García-Díaz, A., Bienes, R., 2018. Three years of management withc over crops protecting sloping olive groves soils, carbon and water effects on gypsiferous soil. CATENA 171, 115–124. https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.07.003.

Souchere, V., King, D., Daroussin, J., Papy, F., Capillon, A., 1998. Effects of tillage on runoff directions: consequences on runoff contributing area within agricultural catchments. Journal of Hydrology 206, 256–267. https://doi.org/10.1016/S0022-1694(98)00103-6

Takken, I., Govers, G., Jetten, V., Nachtergaele, J., Steegen, A., Poesen, J., 2001. Effects of tillage on runoff and erosion patterns. Soil Tillage Res., XVth ISTRO Conference on Tillage at the Threshold of the 21st Century: Looking Ahead 61, 55–60. https://doi.org/10.1016/S0167-1987(01)00178-7.

Zhang, J.H., Wang, Y., Jia, L.Z., Zhang, Z.H., 2017. An interaction between vertical and lateral movements of soil constituents by tillage in a steep-slope landscape. CATENA 152, 292–298. https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.01.030

PIRÓLISIS ANALÍTICA (Py-GC/MS) COMO HERRAMIENTA PARA LA CARACTERIZACIÓN Y CONTROL DE LA MADURACIÓN DE COMPOST DE ALPERUJO – ANALYTICAL PYROLYSIS (Py-GC/MS) AS A TOOL FOR CHARACTERIZATION AND MATURITY ASSESSMENT OF COMPOSTED OLIVE MIL POMACE

Peña-Rueda, Marta[1*]; Comino-Romero, Francisco[1]; Aranda-Sanjuán, Víctor[2]; Ayora-Cañada, María José[1]; Domínguez-Vidal, Ana[1]
[1]Dpto. Química Física y Analítica, Universidad de Jaén, 23071 Jaén, España
[2]Dpto. Geología, Universidad de Jaén, 23071 Jaén, España
* e-mail: mprueda@ujaen.es

RESUMEN: Para obtener una enmienda orgánica de alta calidad basada en compost de alperujo, es necesario establecer criterios que permitan monitorizar la madurez del producto final. Aunque son muchos los parámetros empleados, a menudo resultan insuficientes, pues se necesita un conocimiento profundo del proceso de humificación para entender los cambios estructurales ocurridos en la materia orgánica durante el compostaje. El objetivo de este estudio fue caracterizar la estructura molecular de la materia orgánica de cuatro muestras de compost de alperujo mediante pirólisis acoplada a cromatografía de gases y espectrometría de masas (Py-GC/MS), evaluándose también su estado de maduración mediante comparación con alperujo fresco. Se identificaron alrededor de un centenar de productos de pirólisis que, en su mayoría, poseen un origen bioquímico específico. Los resultados obtenidos muestran un descenso acusado del contenido de ácidos grasos y compuestos alifáticos conforme avanza el compostaje, unido a la degradación progresiva de carbohidratos y un incremento de compuestos aromáticos, especialmente heterociclos nitrogenados. Además, se calcularon algunos índices de pirólisis, siendo el más relevante el cociente entre el total de compuestos alifáticos y aromáticos (AL/AR), menor en compost más evolucionados. Esto, junto al aumento del índice de Shannon-Weaver con la maduración, sugieren la transformación gradual de la materia orgánica hacia formas más estables y complejas.

PALABRAS CLAVE: Compostaje, Alperujo, Py-GC/MS, Estado de maduración

ABSTRACT: To obtain a high-quality fertiliser based on compost of olive mill pomace, several criteria need to be established for monitoring product maturity. Although many parameters are commonly used, they are often insufficient, as it is necessary an in-depth knowledge of humification process to understand the structural changes occurred in organic matter during composting. The objective of this study was to characterise the molecular structure of organic matter from four composted olive mill pomace samples, using pyrolysis coupled to gas chromatography and mass spectrometry (Py-GC/MS), and to assess their maturity by comparison with a fresh olive mill pomace sample. About a hundred pyrolysis products were identified, most of which have specific

biochemical origins. Results showed a significant decrease in fatty acids and aliphatic compounds content as composting proceeds, together with a continuous carbohydrate degradation and higher levels of aromatic compounds, mainly N-heterocycles. In addition, some pyrolysis indices were calculated, being of particular relevance the ration between total aliphatic and aromatic compounds (AL/AR), which is lower in more evolved compost. This, along with the increase of the Shannon-Weaver index with maturation, suggests the gradual transformation of organic matter towards more stable and complex forms.

KEYWORDS: Composting, Olive mill pomace, Py-GC/MS, Maturity stage

1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el compostaje se ha convertido en una estrategia muy atractiva para la gestión de residuos orgánicos. En España, esta práctica está especialmente implementada como solución al reciclado de las grandes cantidades de alperujo que se generan durante la extracción del aceite de oliva que, por sus propiedades fitotóxicas, no puede ser depositado directamente en el suelo. Sin embargo, su compostaje junto con otros residuos agrícolas o ganaderos, origina un producto cuyas propiedades inducen grandes efectos positivos en el cultivo al usarlo como enmienda orgánica, aumentando la fracción biodisponible de N, P y K así como el porcentaje de materia orgánica, lo cual implica una mejora de la fertilidad y calidad del suelo (Fernández-Hernández et al., 2014).

Para obtener un fertilizante de alta calidad, se debe prestar especial atención al progreso del compostaje, incluyendo criterios adecuados para monitorear la maduración del material y asegurar la seguridad del cultivo. Con esta finalidad, en la actualidad se emplean numerosos parámetros: olor, temperatura, pH, ratio C/N, etc. (Zmora-Nahum et al., 2005). Sin embargo, la información extraída puede resultar insuficiente para evaluar el estado del compost, pues es necesario estudiar la evolución de la estructura de las sustancias húmicas (Sellami et al., 2008).

La materia orgánica del compost es muy heterogénea. Por ello, para determinar la cinética del compostaje mediante caracterización molecular, varios autores han demostrado el potencial de la pirólisis acoplada a cromatografía de gases y espectrometría de masas (Py-GC/MS) como una metodología analítica muy útil para obtener información estructural detallada (Gómez et al., 2018; Liu et al., 2016). La pirólisis produce una amplia variedad de productos que pueden asociarse con su origen bioquímico. Un estudio profundo de la composición orgánica del compost es, por tanto, un gran indicador de su calidad y estabilidad.

El objetivo de este estudio fue analizar la materia orgánica de cuatro muestras de compost de alperujo y una de alperujo fresco, comparando sus rasgos estructurales mediante Py-GC/MS. Los resultados obtenidos garantizan el potencial de esta técnica para caracterizar la composición de

la materia orgánica y sus cambios durante el compostaje, favoreciendo la predicción de su estado de maduración así como su calidad como enmiendas orgánicas. Además, se determinaron las relaciones entre algunos productos de pirólisis para controlar el alcance de la humificación.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Descripción de las muestras

Se han considerado cuatro muestras de compost de alperujo (COMP) y una de alperujo fresco (OMP), proporcionadas por diferentes cooperativas de la ciudad de Jaén (España). A continuación se muestran los detalles de su composición y origen (Tabla 1):

Tabla 1. Composición de las muestras de compost y origen

Muestra	*Composición*	*Origen*
OMP	Alperujo fresco (OMP)	Almazara Hermejor de la Reina
COMP 1	30% OMP + 70% restos de poda	IFAPA
COMP 2	80% OMP + 10% restos de poda + 10% gallinaza	Alcanova S.L.
COMP 3	80% OMP + 10% restos de poda + 10% gallinaza	Cooperativa Ntra. Señora de los Remedios
COMP 4	50% OMP + 25% restos de poda + 25% gallinaza	Almazara Hermejor de la Reina

Fuente: elaboración propia

2.2. Py-GC/MS y análisis estadísticos

Los análisis de pirólisis acoplada a cromatografía de gases y espectrometría de masas (Py-GC/MS), se llevaron a cabo en un Sistema SCION GC-MS (Bruker Daltonics, Alemania). Las muestras (< 1 mg) fueron pirolizadas en un pirolizador de doble etapa Multi-Shot Pyrolyzer EGA/PY-3030D (Frontier Lab, Fukushima), durante 10 s a 600ºC. Los productos de pirólisis fueron purgados hacia el SCION 436-GC, y separados cromatográficamente en una columna capilar BR-5MS.

Para la identificación de los productos de pirólisis, se empleó el software MS Data Review, mediante comparación con la base de datos del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST, versión 17) a partir de los valores m/z y los patrones de fragmentación. Se consideraron para identificación aquellos compuestos retenidos entre 1.9 y 50 min, con abundancia relativa superior al 0.10%.

El índice de diversidad de Shannon-Weaver (H) se calculó según:

$$H = -\sum_{i=1}^{S} P_i \ln P_i$$

siendo S el número de picos del pirograma con área normalizada y P_i el área del pico i con respecto al área total de los productos identificados (García et al., 2012).

Además, la similitud entre las abundancias relativas (I) de picos homólogos (k) en dos pirogramas (i y j), fue determinadas mediante el índice S_{ij}:

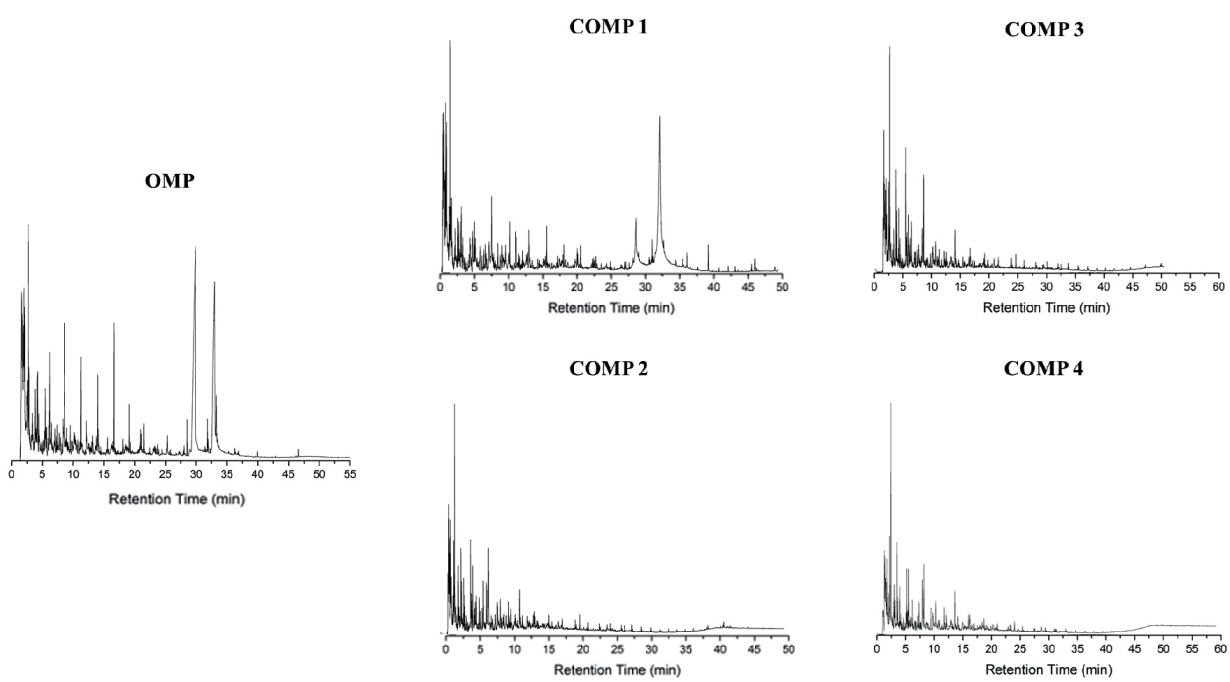
$$S_{ij} = \left[\sum_{k=1}^{n} \left(I_i^k / I_j^k \right)\right] / n$$

con $I_i^k < I_j^k$, siendo n el número total de pico considerados. S_{ij} compara un par de pirogramas sin discriminar picos, y varía entre 0 y 1: cuanto más cercano sea el valor a la unidad, mayor será la similitud (Ceccanti et al., 1986).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis Py-GC/MS permitieron identificar alrededor de un centenar de compuestos (Figura 1).

Figura 1. Pirogramas de las muestras objeto de estudio



Fuente: elaboración propia

El alperujo fresco destaca principalmente por un alto contenido de ácidos grasos, que suponen el 22.4% del área de pico total. Entre ellos, destacan especialmente los ácidos palmítico y oleico, con abundancias relativas ~10% cada uno. Este elevado porcentaje de ácidos grasos se relaciona con sus fuertes propiedades hidrofóbicas, lo cual reduce la humectabilidad de la superficie y, por ende, la accesibilidad de la materia orgánica por los microorganismos. Asimismo, contribuyen a la hidrofobicidad la presencia de n-alcanos, n-alquenos y n-alcoholes de alto peso molecular (MW > 112) cubriendo el 6% del área de pico total. Por otro lado, el nivel relativamente alto en que han sido identificados benceno y tolueno (3.5% cada uno), sugiere la presencia de sustancia poco mineralizadas y, en algunos casos, derivados de lignina, polisacáridos y proteínas (Dignac et al., 2005).

Características similares se encontraron en el caso del COMP 1. En este material se han encontrado alrededor de un 15.72% de ácidos grasos, lo cual es indicativo de un proceso de compostaje incompleto o inefectivo. Ambas muestras se caracterizan por altas concentraciones de ácidos palmítico, oleico y *cis*-vaccénico. Por otro lado, este compost presenta un 70% de restos de poda en su composición. Por tanto, no es de extrañar encontrar un pequeño porcentaje de ésteres metílicos de ácidos grasos (FAMEs). Esto se apoya en la presencia de un 9.4% de hidrocarburos de cadena larga, sobre todo n-alquenos, posiblemente originados a partir de la cutícula de las plantas, por la descomposición de ceras (Spaccini and Piccolo, 2009).

Con respecto al resto de compost (COMP 2, 3 y 4), poseen características similares. Todos ellos están formados por las mismas materias primas, por lo que se caracterizan por concentraciones relativas similares de compuestos fenólicos y nitrogenados. En estos materiales destaca el mayor porcentaje de compuestos nitrogenados (16.7%), la mayoría derivados complejos de piridina y pirroles, procedentes de la pirólisis de la gallinaza (Kazi et al., 2011), siendo prácticamente nula la concentración de compuestos alifáticos y ácidos grasos. Se trata, por tanto, de materiales en fases de maduración más avanzadas.

Para estimar cuantitativamente el grado maduración de las muestras analizadas, así como para identificar las diferencias entre ellas, se han calculado diferentes índices de pirólisis. De entre ellos, la ratio de compuestos alifáticos/aromáticos (AL/AR), ofreció los resultados más relevantes. Su progresivo descenso desde OMP (1.9) hasta COMP 4 (0.11), indica que a medida que el compostaje progresa se degradan las sustancias más lábiles y la humificación es más avanzada. Con una mayor humificación, los ácidos húmicos podrían volverse totalmente aromáticos, dando lugar al desarrollo de anillos policondensados (Ding et al., 2002).

En cuanto al índice de Shannon-Weaver (índice de diversidad), se pudo apreciar que el compostaje también es sinónimo de un incremento de la variedad de los compuestos generados y detectados con Py-GC/MS, pues incrementa desde 2.9 hasta 3.5, lo cual resulta en una biotransformación de materia orgánica hacia formas más complejas.

Por último, para cuantificar las diferencias entre alperujo fresco y las mezclas compostadas, se empleó el índice de similitud S_{ij}. La Tabla 2 muestra muy baja similitud entre OMP y el resto de materiales, variando desde 0.380 hasta 0.477. El valor más alto corresponde al par OMP y COMP 1, lo cual vuelve a confirmar que dicho material se asemeja más a un material bruto que a un compost maduro. Las diferencias entre COMP 1 y el resto de compost son también altas (valores en torno a 0.6), indicando diferencias en su maduración. Sin embargo, los índices más altos se encontraron para COMP 2, 3 y 4. La máxima similaridad se halló entre COMP 3 y 4 (0.761) los compost que pueden considerarse más maduros.

Tabla 2. Índice de similaridad S_{ij} de las muestras analizadas

Muestra	*COMP 1*	*COMP 2*	*COMP 3*	*COMP 4*
OMP	0.477	0.389	0.380	0.429
COMP 1		0.658	0.571	0.603
COMP 2			0.760	0.711
COMP 3				0.761

Fuente: elaboración propia

4. CONCLUSIONES

Para asegurar la eficacia y seguridad de las enmiendas orgánicas basadas en compost de alperujo, es necesario monitorear la dinámica del compostaje. Mediante Py-GC/MS se ha caracterizado la materia orgánica de cuatro muestras de compost y, tras la comparación con una muestra de alperujo fresco, ha sido posible identificar los cambios estructurales y establecer diferencias en el grado de evolución.

Los resultados obtenidos, han demostrado el potencial de esta metodología para predecir la maduración de estos materiales. Así, se ha observado que con un compostaje efectivo se reduce la abundancia relativa de los ácidos grasos y los compuestos alifáticos, siguiendo el orden: OMP fresco > COMP poco evolucionados ≫ COMP evolucionados. Lo contrario ocurre en el caso de los heterociclos nitrogenados, más abundantes en los compost más maduros. Además, se han calculado algunas ratios de interés considerando las abundancias relativas de los compuestos identificados. Dichos índices han permitido confirmar y cuantificar diferencias en la composición molecular de la materia orgánica, mostrando que esta posee un carácter más estable y complejo en enmiendas de mejor calidad. Py-GC/MS es, por tanto, una estrategia muy eficaz para caracterizar y determinar los cambios moleculares ocurridos en la materia orgánica durante el compostaje.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Dignac, M.F., Houot, S., Francou, C., Derenne, S., 2005: «Pyrolytic study of compost and waste organic matter», *Organic Geochemistry*, 36, 1054–1071.

Ding, G., Novak, J.M., Amarasiriwardena, D., Hunt, P.G., Xing, B., 2002: «Soil Organic Matter Characteristics as Affected by Tillage Management», *Soil Science Society of America Journal*, 66, 421–429.

Fernández-Hernández, A., Roig, A., Serramiá, N., Civantos, C.G.O., Sánchez-Monedero, M.A., 2014: «Application of compost of two-phase olive mill waste on olive grove: Effects on soil, olive fruit and olive oil quality», *Waste Management*, 34, 1139–1147.

García, C., Hernández, T., Costa, F., Ceccanti, B., Masciandaro, G., Calcinai, M., 2012: «Soil Science and Plant Nutrition Evaluation of the organic matter composition of raw and composted municipal wastes», *Soil Science and Plant Nutrition*, 39:1, 99–108.

Gómez, X., Meredith, W., Fernández, C., Sánchez-García, M., Díez-Antolínez, R., Garzón-Santos, J., Snape, C.E., 2018: «Evaluating the effect of biochar addition on the anaerobic digestion of swine manure: application of Py-GC/MS», *Environmental Science and Pollution Research,* 25, 25600–25611.

Kazi, Z.H., Schnitzer, M.I., Monreal, C., Mayer, P., 2011: «Separation and identification of heterocyclic nitrogen compounds in biooil derived by fast pyrolysis of chicken manure», *Journal of Environmental Science and Health - Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 46, 51–61.

Liu, X., He, R., Shi, Y., Yan, Z., Wang, C., Jiang, H., 2016: «Identifying the Chemical Composition of Decomposed Residues From Cyanobacterial Bloom Biomass by Pyrolysis-GC/MS», *CLEAN – Soil, Air, Water,* 44, 1636–1643.

Sellami, F., Hachicha, S., Chtourou, M., Medhioub, K., Ammar, E., 2008: «Maturity assessment of composted olive mill wastes using UV spectra and humification parameters», *Bioresource Technology*, 99, 6900–6907.

Spaccini, R., Piccolo, A., 200: «Molecular characteristics of humic acids extracted from compost at increasing maturity stages», *Soil Biology and Biochemistry*, 41, 1164–1172.

Zmora-Nahum, S., Markovitch, O., Tarchitzky, J., Chen, Y., 2005: «Dissolved organic carbon (DOC) as a parameter of compost maturity», *Soil Biology and Biochemistry*, 37, 2109–2116.

¿QUE EFECTO TIENE EN OLIVAR TRADICIONAL EL LABOREO CONVENCIONAL A LARGO PLAZO EN EL ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN EL SUELO? UNA APROXIMACIÓN AL CONCEPTO DE SATURACION DEL SUELO EN AREAS MEDITERRANEAS.

Aguilera-Huertas, Jesús; Parras-Alcántara, Luis; González-Rosado, Manuel; Lozano-García, Beatriz. SUMAS Research Group, Departamento de Química Agrícola, Edafología y Microbiología, Facultad de Ciencias, Campus de Excelencia Internacional Agroalimentario-ceiA3, Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba, España. Correo electrónico: a52aghuj@uco.es

RESUMEN: Las actividades agrícolas generan gases de efecto invernadero (N_2O, CO_2, CH_4) las cuales contribuyen al cambio climático afectando a la sostenibilidad de la producción agrícola. Esto es relevante en cultivos fuertemente mecanizados como sucede en el olivar tradicional. Esto es importante en áreas donde la agricultura intensiva ha causado descarbonización de suelos como sucede en áreas mediterráneas.

Como se sabe, los suelos tienen capacidad para regenerarse (recarbonizarse) a través de buenas prácticas ambientales. Pero esta recarbonización es finita, ya que está limitada por las propiedades físico-químicas del suelo.

El objetivo de este trabajo de investigación ha sido establecer la capacidad de recarbonización que tienen algunos suelos (Cambisoles) con manejo convencional y a largo plazo con cultivos de olivar.

La experimentación se ha realizado en la provincia de Jaén, en una finca experimental de olivar de secano con manejo tradicional en dos periodos de tiempo diferentes (2003-2018).

Los suelos que se han estudiado, han sido Cambisoles, con una profundidad media de 120 cm, y con una secuencia de horizontes Ap, Bw, BC, C; Desde el punto de vista físico muy arcillosos, con bajo contenido en materia orgánica (0,9% y 0,3%). El estudio de los suelos muestra que el carbono estabilizado (ligado a la fracción fina) es de 72,4 Mg ha^{-1} y tienen una capacidad potencial máxima de almacenar a largo plazo 171 Mg ha^{-1}, esto indica que estos suelos podrían almacenar 99 Mg ha^{-1} en la fracción fina, siendo su capacidad mucho mayor si tenemos en cuenta el resto de las fracciones. Por tanto estos suelos podrían contribuir con el paso del tiempo a reducir las concentraciones de CO_2 atmosférico.

PALABRAS CLAVE: Perfil del suelo, Sistemas de labranza, Uso del suelo, Recarbonización, Carbono orgánico del suelo.

KEYWORDS: Soil profile, Tillage systems, Land use, Recarbonisation, Soil organic carbon.

ABSTRACT: Agricultural activities generate greenhouse gases (N_2O, CO_2, CH_4) which contribute to climate change affecting the sustainability of agricultural production.

This is relevant in heavily mechanised crops such as traditional olive cultivation. This is important in areas where intensive agriculture has caused soil decarbonisation such as in Mediterranean areas.

As is known, soils have the capacity to regenerate (recarbonise) through good environmental practices. But this recarbonisation is finite, as it is limited by the physico-chemical properties of the soil.

The aim of this research work has been to establish the recharbonisation capacity of some soils (Cambisols) under conventional management and in the long term with olive crops.

The experimentation has been carried out in the province of Jaén, in an experimental farm of rainfed olive groves with traditional management in two different time periods (2003-2018).

The soils studied were Cambisols, with an average depth of 120 cm, and with a sequence of horizons Ap, Bw, BC, C; from a physical point of view, very clayey, with low organic matter content (0.9% and 0.3%). The study of the soils shows that the stabilised carbon (linked to the fine fraction) is 72.4 Mg ha^{-1} and they have a maximum potential long-term storage capacity of 171 Mg ha^{-1}, which indicates that these soils could store 99 Mg ha^{-1} in the fine fraction, with a much higher capacity if we take into account the rest of the fractions. Therefore, these soils could contribute over time to reducing atmospheric CO_2 concentrations.

INTRODUCCIÓN: Actualmente existen evidencias científicas que registran alteraciones climáticas erráticas, como el incremento en la temperatura del aire y de los mares, el deshielo de glaciares, el ascenso del nivel medio del mar…etc (Dignac et al., 2017). A este conjunto de fenómenos anormales podríamos denominarlos cambio climático (CC). El suelo puede desempeñar un papel clave en la mitigación del cambio climático, ya que es el principal reservorio (almacén) de C (Parras-Alcántara et al., 2015). En general, el suelo tiene la capacidad de almacenar tres veces más C que la atmósfera, y los suelos contienen el 71% de la reserva de C orgánico terrestre (Parras-Alcántara et al., 2016). En este sentido, a nivel internacional se buscan prácticas agrícolas y silvícolas adecuadas para conseguir un aumento del contenido de CO del suelo (COS), así como una mayor resiliencia en el tiempo basada en una gestión sostenible del suelo para la reconstrucción de las reservas de C (carbonización y/o recarbonización) a través del aumento de la materia orgánica (MO). Esto llevaría a una disminución del CO2 atmosférico y, por tanto, a una ralentización del calentamiento global (Gabathuler et al., 2009).

Las áreas Mediterráneas, la agricultura del olivo se caracteriza por presentar suelos por un bajo contenido en MO (~1%), debido a las condiciones climáticas, y sobre todo, con un intenso laboreo (CT) que ha dominado a lo largo del tiempo en estas zonas (Verheye y De la Rosa, 2005; Cerdà et al., 2010).

Partiendo de esta idea, hay que tener en cuenta que en las zonas mediterráneas el olivar es el principal uso con más de 5 Mha y España es el país con mayor producción de aceite de oliva del mundo, con una producción neta del 47% a nivel mundial (González-Rosado et al., 2020a).

Pero esta capacidad del suelo de almacenar C, es decir, de ser un sumidero de C, no es finita, tiene un límite (Hassink, 1997), por lo que el suelo llega a un punto en el que ya no puede almacenar C y se satura. Por ello, cuando se habla de saturación de COS, se hace referencia a la capacidad máxima de un suelo para almacenarlo, por lo que la retención de COS es finita (Chen et al., 2019).

En este sentido, el objetivo de este estudio fue determinar si el laboreo convencional modifica la capacidad de almacenamiento de carbono (saturación de carbono) en suelos de olivar en zonas mediterráneas a lo largo de 15 años (medio plazo).

MATERIAL Y MÉTODOS

Este estudio se localiza en la finca Garcíez (Torredelcampo, Jaén) en el sur de España. Se trata de un olivar tradicional de secano (Olea Europaea) de la variedad Picual. Los suelos de esta zona son Cambisoles calcáreos (CMca) según el Grupo de Trabajo WRB de la IUSS (FAO, 2019). El estudio del suelo se ha realizado sobre perfiles completos del suelo (por horizontes). Se seleccionaron tres perfiles de suelo completos en septiembre de 2003 y 2018. Las muestras de suelo se recogieron a lo largo de los diferentes horizontes del suelo para cada perfil, evitando así la mezcla de horizontes pedogenéticos y para permitir una adecuada determinación de las propiedades físicas y químicas del suelo (Parras-Alcantara et al., 2015). Los métodos analíticos, los análisis de laboratorio y otros parámetros calculados utilizados en este estudio para determinar las diferentes propiedades del suelo, según el Handbook of Plant and Soil Analysis for Agricultural Systems (Álvaro-Fuentes et al., 2019), se describen en la tabla 1.

Tabla 1. Métodos analíticos utilizados en este estudio.

Parámetros	Métodos
Mediciones de Campo	
Densidad Aparente (Mg m^{-3})	Core method (Blake and Hartge, 1986)[a]
Análisis de laboratorio	
Distribución del tamaño de las partículas	Robinson pipette method (USDA, 2004)[b]
C orgánico (g kg^{-1})	Walkley and Black method (Nelson and Sommers, 1982)
Parámetros calculados	
COS-S (Mg ha^{-1})	COS-S = COS concentration × BD × d × (1 – δ2mm%) × 10^{-1} (Stolbovoy et al., 2007 ; IPCC, 2003)[c]
T-COS-S (Mg ha^{-1})	T-COS-S = $\Sigma_{\text{soil horizon 1….n}}$ $\text{COS-S}_{\text{soil horizons}}$ (IPCC, 2003)[d]
COS_{sat} (g kg^{-1})	COS_{sat} = 4.09 + 0.37 × FF (Hassink, 1997)[e]
COS_{def} (g kg^{-1})	COS_{def} = COS_{sat} - COS_{fine} (Hassink, 1997)[f]

Fuente: elaboración propia

Para todos los parámetros estudiados se han seguido las recomendaciones del Handbook of Plant and Soil Analysis for Agricultural Systems (Álvaro-Fuentes et al., 2019).

a 3 cm de diámetro, 10 cm de longitud y 70,65 cm^3 de volumen.

b Antes de la determinación de la distribución del tamaño de las partículas, las muestras fueron tratadas con H2O2 (6 %) para eliminar la materia orgánica (MO). Las partículas mayores de 2 mm se determinaron por tamizado en húmedo y las más pequeñas se clasificaron según las normas del USDA (2004).

c Donde COS es el contenido de carbono orgánico (g kg^{-1}), d el espesor de la capa de suelo (cm), δ2mm es el porcentaje fraccionario (%) de partículas minerales del suelo >2 mm de tamaño en el suelo, y BD la densidad aparente del suelo (Mg m^{-3}).

d T-COS-S: Stock total de COS determinado mediante la suma de todos los horizontes del suelo considerados.

e Donde COSsat es la saturación de COS (g kg-1) de la fracción fina del suelo (< 20 µm, arcilla y limo fino) y FF (%) es la fracción fina (contenido de partículas de tamaño del suelo < 20 µm); COS_{sat} = 4,09 (±1,59) + 0,37 (±0,04) × FF ; los números entre paréntesis se refieren a los errores estándar.

f Donde COS_{def} es el déficit de saturación de COS o el potencial de secuestro de COS (g kg^{-1}) y COS_{fine} es el COS en la fracción fina (g kg^{-1}).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

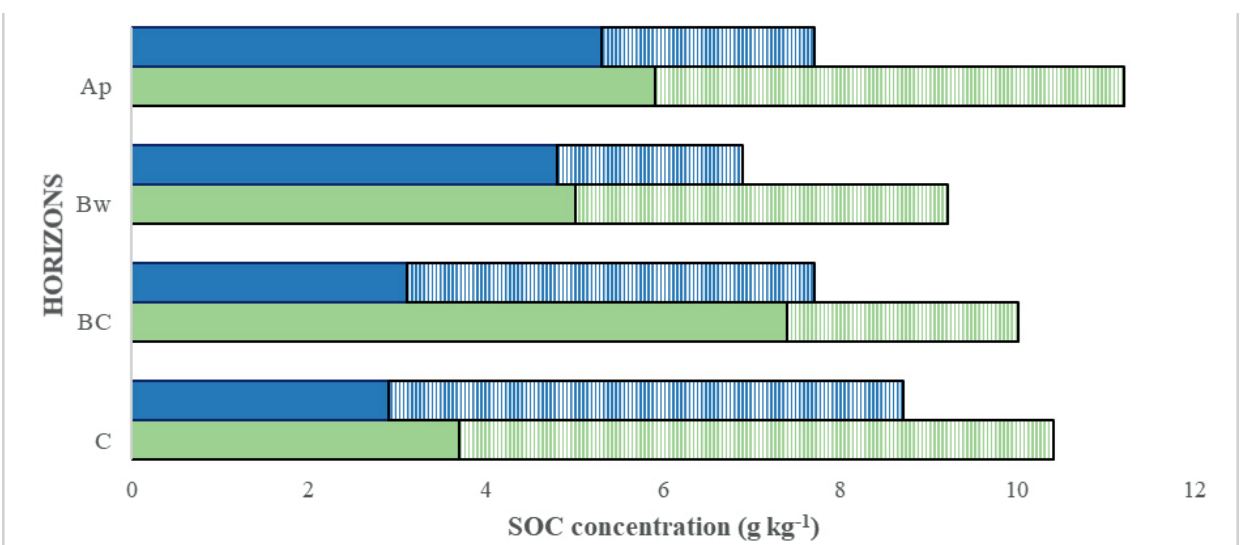
Entre los principales resultados obtenidos en los suelos de esta zona de estudio, con respecto a las propiedades físicas de los suelos estudiados, haciendo referencia a la profundidad de estos, nos encontramos con suelos poco profundos con valores entre 27,3-120,0 cm. Desde el punto de vista textural, los suelos eran limo-arcillosos, con pocas diferencias en el contenido de limo y arcilla en profundidad y en 15 años con CT y con concentraciones de materia orgánica generalmente bajas, tendiendo a disminuir en profundidad y oscilando entre 0,30% (horizonte C-2018) y 1,25% (horizonte Ap-2003).

En cuanto al secuestro potencial de carbono ligado a la fraccion de <20 µm en los suelos estudiados, observando el T-$COS\text{-}S_{sat}$, despues de 15 años, se produjo un incremento de 30,5 Mg ha^{-1} considerando todo el perfil, de los cuales 15,9 Mg ha^{-1} se acumularon en superficie (Ap) y 14,6 Mg ha^{-1} en profundidad (Bw, BC y C) (Figura 1). Estos resultados demostraron que la fracción de arcilla (<20 µm) afectó positivamente a las existencias de COS-S protegiendolo del ataque microbiano (Meersmans et al., 2008). Además Powlson et al. (2011) explicaron en su trabajo el

aumento de las concentraciones a lo largo del tiempo debido al efecto del arado sobre el suelo, el cual hace que se produzca una mejora de la mezcla de materiales orgánicos de entrada y del suelo, provocando un aumento de las tasas de mineralización del COS.

Estos resultados condicionaron el deficit de soil organic carbon stock (COS-S_{def}), donde se obtuvieron valores de T-COS-S_{sp} de 52,6 Mg ha^{-1} en CT0 y de 67,8 Mg ha^{-1} en CT1 (Figura 1). Es decir, estos resultados mostraron que el periodo estudiado con CT, provocó un incremento en la capacidad del suelo para secuestrar carbono de forma potencial de 15,2 Mg ha^{-1} en 15 años, con un incremento medio en superficie de 13,9 Mg ha^{-1} (Ap) y de 22 Mg ha^{-1} en profundidad (C). Según estudios como el de Searles et al. (2009), este aumento en la capacidad de secuestro en profundidad, puede ser debido a un efecto combinado de la influencia del arado en la redistribución del COS suelo, especialmente en profundidad y del papel de la actividad erosiva en la superficie. Además también debe tenerse en cuenta que el efecto de la labranza en los suelos, provoca que la acumulación de las entradas de COS sea lenta (Ferro et al., 2020).

Figura 1. Carbono orgánico del suelo saturado (SOC_{sat}) y déficit de carbono (SOC_{sp}) en función de los diferentes horizontes según la influencia de los tratamientos de labranza. SOC_{sat}-CT0 (barras azules + barras azules con trama); SOC_{sat}-CT1 (barras verdes + barras verdes con trama); SOC_{sp}-CT0 (barras azules con trama); SOC_{sp}-CT1 (barras verdes con trama).



Fuente: Elaboración propia.

REFERENCIAS

Álvaro-Fuentes, J., Lóczy, D., Thiele-Bruhn, S., Zornoza, R. (2019). «Handbook of Plant and Soil Analysis for Agricultural Systems», *Crai uptc Editions, Cartagena – Spain*, 389 pp, doi: https://zenodo.org/badge/DOI/10.5281/zenodo.2553445.svg

Cerdà, A., Doerr, S. H. (2010). «The effect of ant mounds on overland flow and soil erodibility following a wildfire in eastern Spain», *Ecohydrology*, 3, 392-401, doi: https://doi.org/10.1002/eco.147

Chen, S., Arrouays, D., Angers, D. A., Martin, M. P., Walter, C. (2019). «Soil carbon stocks under different land uses and the applicability of the soil carbon saturation concept», *Soil and Tillage Research*, 188, 53-58, doi: https://doi.org/10.1016/j.still.2018.11.001.

Dal Ferro, N., Piccoli, I., Berti, A., Polese, R., Morari. F. (2020). «Organic carbon storage potential in deep agricultural soil layers: Evidence from long-term experiments in northeast Italy», *Agric. Ecosyst. Environ*, 300, 106967, doi: https://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2020.106967.

Dignac, M. F., Derrien, D., Barre, P., Barot, S., Cécillon, L., Chenu, C., ... Basile-Doelsch, I. (2017). «Increasing soil carbon storage: mechanisms, effects of agricultural practices and proxies», *Agronomy for sustainable development*, 37, 14, doi: https://doi.org/10.1007/s13593-017-0421-2.

FAO – «Food Agricultural Organization, 2019. Recarbonization of global soils - A tool to support the implementation of the Koronivia Joint Work on Agriculture», Rome, 12 pp, http://www.fao.org/3/ca6522en/CA6522EN.pdf

Gabathuler, E., Hauert, C., & Giger, M. (2009). «Benefits of sustainable land management», https://boris.unibe.ch/69739/1/CSD_Benefits_of_Sustainable_Land_Management%20.pdf

González-Rosado, M., Lozano-García, B., Aguilera-Huertas, J., Parras-Alcántara, L. (2020a). «Short-term effects of land management change linked to cover crop on soil organic carbon in Mediterranean olive grove hillsides», *Science of the Total Environment* 744, doi: https://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140683.

Hassink, J. (1997). «capacity of soils to preserve organic C and N by their association with clay and silt particles», *Plant and soil*, 191, 77-87, doi: https://doi.org/10.1023/A:1004213929699

Meersmans, J., De Ridder, F., Canters, F., De Baets, S., Van Molle, M. (2008). «A multiple regression approach to assess the spatial distribution of Soil Organic Carbon (SOC) at the regional scale (Flanders, Belgium) », *Geoderma*, 143, 1-13, doi: https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2007.08.025.

Parras-Alcántara, L., Lozano-García, B., Brevik, E. C., Cerdá, A. (2015). «Soil organic carbon stocks assessment in Mediterranean natural areas: a comparison of entire soil profiles and soil control sections», *Journal of Environmental Management*, 155, 219-228, doi: 10.1016/j.jenvman.2015.03.039.

Parras-Alcántara, L., Lozano-García, B., Keesstra, S., Cerdà, A., Brevik, E.C. (2016). «Long-term effects of soil management on ecosystem services and soil los estimation in olive grove top soils», *Sci. Total Environ*, 571, 498-506, doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.016.

Powlson, D. S., Whitmore, A. P., Goulding, K. W. (2011). «Soil carbon sequestration to mitigate climate change: a critical re-examination to identify the true and the false», *European Journal of Soil Science*, 62, 42-55, doi: https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2010.01342.x.

Searles, P.S., Saravia, D.A., Rousseaux, M.C. (2009). «Root length density and soil water distribution in drip-irrigated olive orchards in Argentina under arid conditions», *Crop Pasture Sci*, 60, 280-288, doi: https://dx.doi.org/10.1071/CP08135.

Verheye, W., De la Rosa, D. (2005). «Mediterranean soils. In land use and land cover, from Encyclopedia of life support systems», http://hdl.handle.net/10261/38282

PREFERENCIAS DE LOS CONSUMIDORES POR ACEITE DE OLIVA VIRGEN EXTRA CON ATRIBUTOS RELACIONADOS CON LA BIOECONOMÍA CIRCULAR

Villanueva, Anastasio J. Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA) y Grupo WEARE, anastasioj.villanueva@juntadeandalucia.es
Granado-Díaz, Rubén. Universidad de Córdoba y Grupo WEARE, g82grdir@uco.es.

RESUMEN: El desarrollo de la bioeconomía circular (BEC) en España pasa por que el sector agroalimentario adopte sus principios. Para ello, resulta especialmente relevante incorporar a los productos alimentarios atributos relacionados con la BEC que sean a su vez demandados por los consumidores. El presente trabajo tiene por objetivo analizar las preferencias de los consumidores por productos alimentarios que incluyen dichos atributos, utilizando como caso de estudio del aceite de oliva virgen extra (AOVE) en Andalucía. Se utiliza como método de análisis los experimentos de elección en escala mejor-peor (*best-worst scaling*), complementada con la técnica de valoración contingente para poder obtener valores monetarios de la disposición a pagar (DAP) de los consumidores de AOVE. La información fue recabada a través de una encuesta on-line utilizando un panel de consumidores andaluces (N=1248). Los resultados indican que existen diferentes clases de consumidores según sus preferencias por los atributos de BEC incorporados al producto de AOVE, así como una DAP significativa por estos atributos. De este análisis se pueden extraer implicaciones relevantes para el uso de estrategias de diferenciación basadas en incorporar atributos de BEC en AOVE, que podrían ser útiles para aumentar la rentabilidad del sector oleícola.

PALABRAS CLAVE: bioeconomía, economía circular, AOVE, consumidor, best-worst scaling.

ABSTRACT: Developing the circular bioeconomy (CB) in Spain needs that the agri-food sector adopts its principles. For it, it is especially relevant to incorporate attributes related to CB into food products and that these attributes are in high demand by consumers. The present study analyses CB attributes for the case study of extra virgin olive oil (EVOO) in Andalusia. The analysis is based the choice experiment method using best-worst scaling, combined with contingent valuation to translate preferences into monetary terms of consumers' willingness to accept (WTA). It relies on an online survey to a panel of Andalusian consumers (N=1248). The results suggest that there are different classes of consumers according to their preferences towards CB attributes incorporated into the EVOO, as well as a significant WTA for them. Relevant implications stem from the results, including the recommendation for using differentiation strategies based on incorporating this kind of attributes into the EVOO products, which could be useful to increase the profitability of the olive oil sector.

KEYWORDS: bioeconomy, circular economy, EVOO, consumer, best-worst scaling.

1. INTRODUCCIÓN

La bioeconomía circular (BEC) trata de integrar, en un modelo económico sostenible social y ambientalmente, los conceptos de bioeconomía (EC, 2018) y de economía circular (Kirchherr *et al.*, 2017). Incluye aspectos como la mejora del uso de los recursos, la reducción de la huella de carbono y la demanda de carbono fósil, así como la valoración de los residuos (Carus y Dammer, 2018) que son comunes a ambos conceptos. Así, dentro del concepto de BEC, pueden circunscribirse todas aquellas actividades económicas con base biológica que, a su vez, apliquen consecuentemente principios de circularidad en sus procesos productivos.

Este nuevo enfoque, que está aún en una fase inicial de desarrollo, es deseable para el conjunto de la sociedad en tanto en cuanto contribuye a la generación de riqueza y empleo (a menudo de alta calidad), sirviendo como medio para hacer frente a grandes retos actuales como el cambio climático, la gestión de residuos, la pérdida de biodiversidad o la gestión territorial, entre otros.

El desarrollo de BEC en España pasa necesariamente por que el sector agroalimentario adopte sus principios, haciendo de este un sector económica, social y ambientalmente sostenible en el largo plazo. Para ello, resulta especialmente relevante conocer las preferencias del consumidor para poder incorporar a los productos alimentarios atributos relacionados con la BEC que son a su vez demandados por los consumidores.

En este sentido, existen escasos estudios que analicen las preferencias de los consumidores respecto a los atributos relacionados con la BEC en productos agroalimentarios. Así, si bien sí existe una profusa bibliografía relativa a los productos ecológicos (Li y Kallas, 2021) y el ecoenvasado de alimentos (Ketelsen *et al.*, 2020), la gestión de residuos y su valoración relativa respecto de otros atributos relacionados con el uso de los recursos naturales no ha recibido la misma atención.

En este contexto, el presente estudio tiene por objetivo analizar las preferencias de los consumidores respecto de una variedad de atributos relacionados con la BEC en productos agroalimentarios. Para ello, se analizan preferencias declaradas para el caso de estudio de consumidores andaluces de aceite de oliva virgen extra (AOVE).

2. MÉTODO

Como método de análisis se ha utilizado la técnica de experimentos de elección en escala mejor-peor (*best-worst scaling* o BWS) empleando como diseño experimental un diseño balanceado de

bloques incompletos (BIBD por sus siglas en inglés). Esta metodología se ha complementado con la técnica de valoración contingente para poder obtener valores monetarios de la disposición a pagar (DAP) de los consumidores por atributos de BEC incorporados al producto de AOVE. Se han considerado siete atributos de acuerdo a su contribución a una producción agroalimentaria sostenible y circular, incluyendo la gestión de residuos, la minimización de las emisiones de carbono, el uso eficiente de los recursos naturales y la sostenibilidad socioeconómica. En la Tabla 1 se muestra la descripción de estos atributos tal y como se mostraron a los encuestados.

Tabla 1. Atributos relacionados con la BEC incluidos en el ejercicio de escala mejor-peor.

Características		Breve definición	Acrónimo
	No generamos residuos plásticos	No se generan residuos plásticos, y los que se generan se valorizan (p. ej., se reciclan), evitando así los impactos ambientales negativos asociados	A1-Plástico
	No generamos residuos vegetales	No se generan residuos vegetales, y los que se generan se valorizan (p. ej., se compostan), evitando así los impactos ambientales negativos asociados	A2-Bioresiduos
	No emitimos gases de efecto invernadero	No se emiten gases de efecto invernadero (CO_2) en términos netos, contribuyendo así a la lucha frente al cambio climático	A3-Carbono
	Usamos el agua de forma sostenible	Se realiza un uso eficiente de los recursos hídricos, ahorrando agua y minimizando la emisión de contaminantes a ella	A4-Agua
	Conservamos la fertilidad del suelo	Se conservan la fertilidad y funcionalidad del suelo agrario para futuras producciones	A5-Suelo
	Cuidamos la biodiversidad	Se protege la variedad de especies de flora y fauna asociada a la producción agraria	A6-Biodiversidad
	Contribuimos a la economía rural	Se contribuye a la generación de empleo y riqueza del medio rural andaluz	A7-Rural

Los atributos de BEC se contextualizaron y diseñaron de manera que pudieran incluirse en la etiqueta del producto, para lo cual se incluyeron además símbolos que facilitasen la identificación de los atributos por parte del encuestado. En la Figura 1 se muestra un ejemplo de tarjeta de elección del ejercicio de BWS.

Figura 1. Ejemplo de tarjeta de elección.



Fuente: elaboración propia.

La información fue recabada a través de una encuesta on-line utilizando un panel de consumidores andaluces, donde se realizó un muestreo aleatorio adultos por cuotas de edad, sexo y distribución provincial -representativas de la población andaluza. El cuestionario constó de tres bloques: introducción del concepto de BEC y descripción de los atributos; experimentos de preferencias declaradas; características socioeconómicas, de actitud y opinión del entrevistado. Los dos ejercicios de valoración se realizaron de forma aleatorizada. La muestra se ejecutó en marzo de 2021. Se realizó un pre-test a tres decenas de consumidores (no incluidos en la muestra final), que sirvió para refinar el diseño del cuestionario. Posteriormente se realizó un piloto (N=100, incluidos en la muestra final) para confirmar la correcta compresión del mismo.

Para la modelización, se empleó un modelo de clases latentes, resultando como solución óptima la de 4 clases según la bondad de ajuste y parsimoniosidad del modelo. Los parámetros del modelo

representan la influencia de los distintos atributos en las elecciones de mejor y peor relativas a un parámetro fijo. La estimación de los modelos se realizó con LatentGOLD 5.1.

Los parámetros se convierten a "puntuaciones de escala" o *impact scores* utilizando el procedimiento descrito en Sawtooth (2013), para facilitar su interpretación. Estas puntuaciones pueden interpretarse como el porcentaje de veces que un atributo es elegido como mejor.

3. RESULTADOS

En la Tabla 2 se muestran los resultados del modelo de clases latentes. El modelo presenta una bondad de ajuste adecuada (pseudo-R^2=0,304). Todos los parámetros son altamente significativos y presentan signo positivo, indicando una mayor preferencia por los atributos de BEC distintos del atributo de referencia (A2-Bioresiduos), salvo en el caso del atributo A7-Rural en la *Clase 1*, que resulta negativo indicando por tanto el efecto contrario en esta clase.

Tabla 2. Modelo de clases latentes (referencia A2-Bioresiduos).

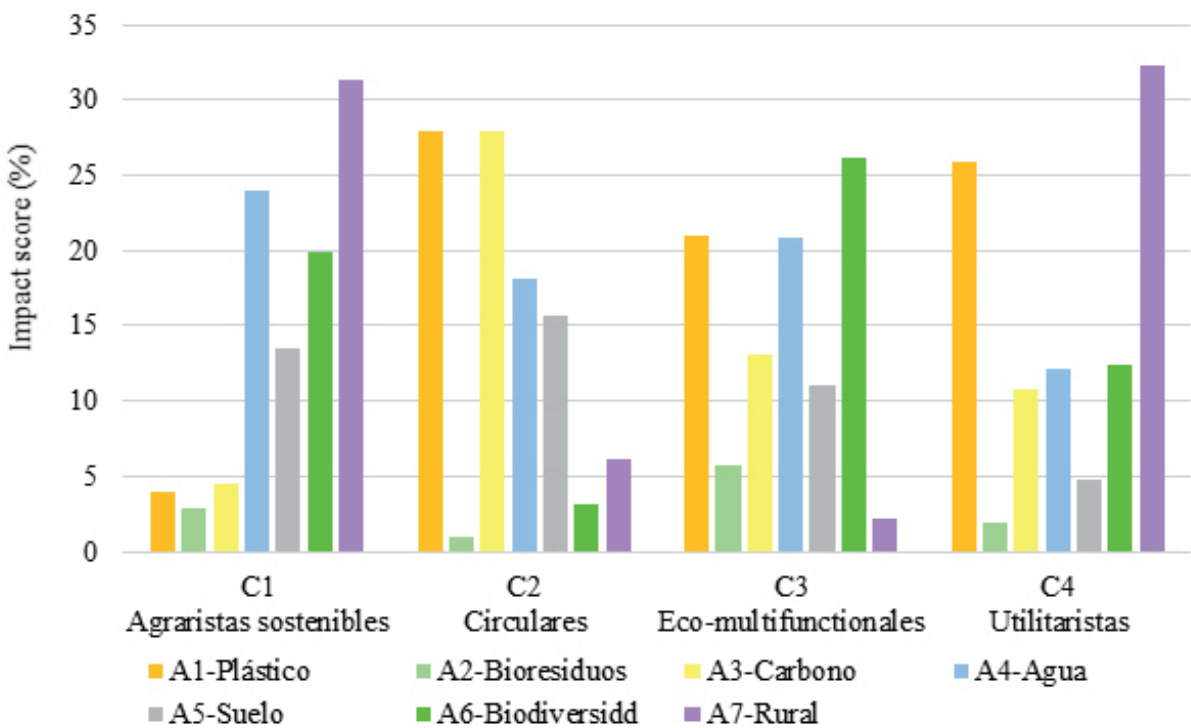
	Clase 1		*Clase 2*		*Clase 3*		*Clase 4*		
	Coef.	SE	Coef.	SE	Coef.	SE	Coef.	SE	SE
Probabilidad de pertenencia a clase	0.19		0.19		0.32		0.30		
A1-Plástico	0,666 ***	0,113	2,944 ***	0,224	4,396 ***	0,245	0,202 *	0,105	
A3-Carbono	0,305 ***	0,101	1,588 ***	0,180	3,033 ***	0,221	0,297 ***	0,090	
A4-Agua	0,598 ***	0,109	1,388 ***	0,156	3,164 ***	0,219	1,622 ***	0,116	
A5-Suelo	0,264 ***	0,090	0,620 ***	0,127	1,176 ***	0,152	1,055 ***	0,099	
A6-Biodiversidad	0,919 ***	0,116	1,336 ***	0,152	2,082 ***	0,189	1,434 ***	0,109	
A7-Rural	-0,391 ***	0,120	3,466 ***	0,219	0,882 ***	0,176	2,606 ***	0,155	
Constante de clase	0,222 ***	0,084	-0,239 **	0,096	-0,256 ***	0,089	0,273 ***	0,090	
Bondad de ajuste									
LL					-11670,2				
BIC					23528,6				
Pseudo-R^2					0,304				
Parámetros					27				

***, ** y * muestran significación estadística al nivel 1, 5 y 10%.
Fuente: elaboración propia.

En la Figura 2 se muestran las puntuaciones de impacto de cada atributo en cada clase. Los resultados indican que existen diferentes clases de consumidores según sus preferencias por los atributos de BEC incorporados al producto de AOVE. La *Clase 1* (agraristas sostenibles), que agrupa al 19% de la muestra, presenta una clara preferencia por los atributos de A7-Rural, A4-Agua, A6-Biodiversidad y A5-Suelo, mientras que los relativos a la gestión de residuos (A1-Plásticos y A2-Bioresiduos) y reducción de emisiones A3-Carbono son poco valorados. Se trata por tanto

de consumidores que valoran principalmente atributos vinculados con la producción agraria sostenible y la economía rural. La *Clase 2* (19% de la muestra) presenta una clara preferencia por los atributos más directamente relacionados con la economía circular: A1-Plásticos" y A7-Rural". La *Clase 3* (32% de la muestra) agrupa a consumidores más *multifuncionales* con mayor énfasis en los aspectos ecológicos, en la medida que valora especialmente los atributos ambientales, i.e. "A1-Plásticos, A4-Agua, A6-Biodiversidad" y, en menor medida", A3-Carbono y A5-Suelo". La *Clase 4* (30%) agrupa a consumidores *utilitaristas*, con una mayor valoración de los atributos de los que pueden beneficiarse más directamente, destacando sus preferencias por la A7-Rural" y A1-Plásticos".

Figura 2. Importancia relativa de los atributos (*impact scores*).



Fuente: elaboración propia.

De la combinación de estos resultados con los obtenidos para la pregunta de valoración contingente sobre la DAP por los atributos de BEC considerados, se obtiene que existe una DAP significativa, entre 0,11 y 0,24 €/l, en todos estos atributos, excepto para A2-Bioresiduos, para el cual la DAP media se aproxima a cero.

5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran que existe una elevada heterogeneidad en las preferencias de los consumidores respecto de los atributos de BEC en AOVE, pudiéndose diferenciar hasta cuatro clases de consumidores en función de sus preferencias, con una mayor orientación hacia un tipo de atributos u otros. Asimismo, se constata que existe en general una disposición de los consumidores a pagar un precio adicional por estos atributos.

De estos resultados puede derivarse que el uso de estrategias de diferenciación basadas en incorporar atributos de BEC en AOVE podría ser útil para aumentar la rentabilidad del sector oleícola andaluz.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado en el marco del proyecto europeo POWER4BIO (*https://power4bio.eu/*, GA 818351).

REFERENCIAS

Carus, M. y Dammer, L. (2018). "The circular bioeconomy—concepts, opportunities, and limitations". *Industrial Biotechnology,* 14(2): 83-91.

EC (European Commission). (2018). *A sustainable bioeconomy for Europe: Strengthening the connection between economy, society and the environment. COM(2018) 673 final*. European Commission, Brussels.

Ketelsen, M., Janssen, M. y Hamm, U. (2020). "Consumers' response to environmentally-friendly food packaging - A systematic review". *Journal of Cleaner Production,* 254: 120123. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.120123.

Kirchherr, J., Reike, D. y Hekkert, M. (2017). "Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions". *Resources, Conservation and Recycling,* 127: 221-232. doi: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005.

Li, S. y Kallas, Z. (2021). "Meta-analysis of consumers' willingness to pay for sustainable food products". *Appetite,* 163: 105239. doi: 10.1016/j.appet.2021.105239.

Sawtooth. (2013). *The MaxDiff System. Technical paper. Version 8*. Sawtooth Software Inc., Orem, Utah (US).

RELATIONSHIP BETWEEN WOODY SEMI-NATURAL HABITATS AND THE FAMILY CHRYSOPIDAE IN OLIVE AGROECOSYSTEM

Alcalá Herrera, Rafael. Department of Environmental Protection, Estación Experimental del Zaidín (EEZ-CSIC), C/ Profesor Albareda 1, 18008 Granada, Spain, rafa.alcala@eez.csic.es

Ruano, Francisca. Department of Zoology, University of Granada, Campus de Fuentenueva s/n, 18071 Granada, Spain, fruano@ugr.es

RESUMEN: La expansión e intensificación de la agricultura ha provocado una disminución de los hábitats seminaturales (SNH) y la pérdida de biodiversidad, que ha derivado en un declive de los servicios ecosistémicos como el control natural de plagas y la polinización. El gran reto de la agricultura actual es la necesidad de reducir el uso de insumos para incrementar la sostenibilidad de los agroecosistemas. La manipulación del hábitat es una técnica de control biológico por conservación, que ayuda en la reducción del uso de fitosanitarios así como mejorar la sostenibilidad del olivar. Estudios recientes han señalado como el uso de cubierta, que proporciona recursos alimenticios como néctar, polen y melazas, así como lugares de refugio y reproducción, propicia el aumento de las poblaciones y la diversidad de crisópidos en el olivar. Sin embargo, se conoce poco el efecto del estrato arbóreo adyacente al olivar. En este contexto, nuestro estudio tiene como objetivo determinar la atracción de los crisópidos en fase adulta por las especies arbóreas dominantes en las infraestructuras ecológicas adyacentes al olivar como paso previo a la manipulación del hábitat. Para ello, se aspiraron 75 almendros, encinas, pinos y olivos quincenalmente entre abril y octubre de 2016. Los árboles se seleccionaron aleatoriamente distribuidos de forma uniforme entre cinco parcelas de olivar con manejo ecológico al norte de la provincia de Granada. La encina registró el mayor número de crisópidos adultos durante el período de estudio, mientras que en el olivo se capturaron el mayor número de larvas. Se identificación un total de 20 especies de crisópidos, pertenecientes a siete géneros, de los cuales *Chrysoperla mutata* (McLachlan, 1898), *Chrysoperla pallida* Henry et al., 2002 y *Pseudomallada (prasinus) pp3* (Duelli & Henry, 2020), fueron las tres especies dominantes. *Chrysoperla mutata* y *C. pallida* mostraron una preferencia por el olivo compartida con la encina y *P. (prasinus) pp3* lo hizo sobre la encina, con el objetivo de refugiarse y/o alimentarse. Respecto a las otras especies de crisópidos, destaca *Chrysoperla lucasina* (Lacroix, 1912), especie asociada mayoritariamente a la vegetación herbácea, que se capturó en todas las especies arbóreas entre mayo y julio, al mismo tiempo que la cubierta herbácea se iba agostando o eliminando en el olivar.

PALABRAS CLAVE: *Chrysoperla carnea complex, Pseudomallada prasinus complex, Olea europaea, Pinus halepensis, Prunus dulcis, Quercus rotundifolia.*

ABSTRACT: Increasing expansion and intensification of agriculture practices have led to a reduction in the number of semi-natural habitats (SNHs) and the loss of biodiversity. These

negative impacts have caused a decline in ecosystem services such as biological pest control and pollination. The greatest challenge facing agriculture is a shift towards a more ecosystem-based approach to reduce the use of inputs and also improve sustainability. Habitat management is a conservation biological control technique which helps to restore biodiversity and agriculture SNHs in landscape, especially in olive orchards. It is known that vegetation cover provides to Chrysopidae food resources, as well as reproduction and refuge and recent studies in olive orchards have pointed out that vegetation cover increases Chrysopidae populations and diversity. However, little is known about the effect of woody SNHs in olive orchards. In this context, our study aims to determine the attraction of adult Chrysopidae to different tree species in SNHs adjacent to olive orchards in order to promote the conservation biological control of this key predator. We vacuumed 75 almond, oak, olive, and pine trees fortnightly between April and October of 2016. The trees were chosen at random and evenly distributed among five organic olive orchards selected according to their availability in the province of Granada (Spain). Oak trees recorded the highest abundance levels of adult Chrysopidae, while olive trees had the highest abundance of Chrysopidae larvae. A total of 20 Chrysopidae species, belonging to seven genera, were collected, of which *Chrysoperla mutata* (McLachlan, 1898), *Chrysoperla pallida* Henry et al., 2002 and *Pseudomallada (prasinus) pp3* (Duelli & Henry, 2020) were the most abundant during the period of the study and had a preference for olive trees (*C. mutata* and *C. pallida*) and oak trees *P. (prasinus) pp3* for the purposes of refuge and/or food consumption. *Chrysoperla lucasina* (Lacroix, 1912) is a species mainly associated with herbaceous vegetation, however it was collected in all tree species especially in almond trees between May and July, at the same time that vegetation cover was getting dry and/or was removed in olive orchards. Furthermore, the large number of adult Chrysopidae from tree species in woody SNHs translated into a large number of larvae in olive trees.

KEYWORDS: *Chrysoperla carnea complex, Pseudomallada prasinus complex, Olea europaea, Pinus halepensis, Prunus dulcis, Quercus rotundifolia*.

1. INTRODUCTION

Conservation biological control is a sustainable approach to controlling pests, which could help to cut back the use of pesticides as part of an integrated pest management strategy (Begg et al., 2017). Conservation biological control mainly aims to conserve natural enemy populations (Barbosa, 1998) in which semi-natural habitats (SNHs), defined as any habitat within or outside a cultivated crop area containing non-crop plant species (Holland et al., 2017). SNHs provide natural enemies with essential resources, such as pollen, nectar, alternative hosts and prey, as well as with refuge and reproduction sites (Bianchi et al., 2013; Duelli and Obrist, 2003; Landis et al., 2000). As SNHs tend to diminish with the expansion and intensification of agricultural practices in olive orchards (Gúzman-Alvarez et al., 2009), it is important to determine their impact on natural

enemies in order to conserve and promote their populations. Previous studies of SNHs have revealed how Chrysopidae use vegetation cover for reproduction and feeding (Alcalá Herrera et al., 2019b; Franin et al., 2016; McEwen and Ruiz, 1994; Villenave et al., 2006, 2005) which also has a positive impact on Chrysopidae abundance and diversity in olive orchards (Porcel et al., 2017).

Green lacewings are efficient biological control agents among the natural enemies (Duelli, 2001; McEwen and Senior, 1998; Monserrat, 2016; New, 1975; Nicoli Aldini, 2002). In Mediterranean olive orchards, *Chrysoperla carnea sensu lato* (Stephens, 1836) plays a key role in the predation of the eggs and larvae of *Prays oleae* (Bernard, 1788) (Campos, 1989; Ramos et al., 1984; Szentkirályi, 2001a). While the precise characterization of certain sibling *C. carnea s.l.* species with respect to morphological characteristics, habitat, courtship songs and molecular techniques has provided a better understanding of their biology and ethology in the context of the conservation biological control (Cordero-Rivera and Galicia-Mendoza, 2017), their taxonomy has not been fully elucidated (Monserrat, 2016). Furthermore, recent studies have identified three new Chrysopidae species in the *Pseudomallada* complex (Duelli and Henry, 2020; Duelli and Obrist, 2019), which has been taxonomically affected by the rediagnosed genus *Apertochrysa* Tjeder, 1966 (Breitkreuz et al., 2021).

In this context, our study aims to evaluate the attraction of green lacewing adults to the tree species in SNHs adjacent to olive orchards to promote their populations and help to increase a *P. oleae* pest control. We therefore hypothesized that green lacewing abundance and species richness in each tree species differ.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Area of study

The study was carried out in five organic olive orchards (*Olea europaea* L.) of a Picual variety in the province of Granada in the south of Spain. All olive orchards have vegetation cover, which is removed between April and May.

2.2. Collection of Chrysopidae from tree species

Chrysopidae adults and larvae were collected from 75 trees per species – olive, oak, almond and pine – randomly selected, with a minimum distance of 15 meters between trees. Canopy suction samples were obtained using an InsectaZooka aspirator (BioQuip®, Rancho Dominguez, CA, USA). A total of 13 samplings were carried out fortnightly between April and October 2016. The adult Chrysopidae collected were counted and identified under a stereomicroscope up to species level according to Monserrat (2016), Duelli et al. (2020) and Canard et al. (2017) keys, as well as to the latest taxonomic review of the genus *Apertochrysa* (Breitkreuz et al., 2021).

2.3. Statistical analysis

We analysed the data using R version 3.5.0 (R Development Core Team, 2017) and R Studio software (RStudio Team, 2016) together with the packages *glmmTMB* (Brooks et al., 2017) and *vegan* (Oksanen et al., 2018). For each model, residuals were examined for model validation using the *DHARMa* package (Hartig, 2018). We checked fixed factors for significance using Wald tests with the aid of the *car* package (Fox and Weisberg, 2019), as well as multiple comparisons between fixed factor levels for significance using *lsmeans*, *emmeans* and *multcomp* packages (Hothorn et al., 2008; Lenth, 2020, 2016).

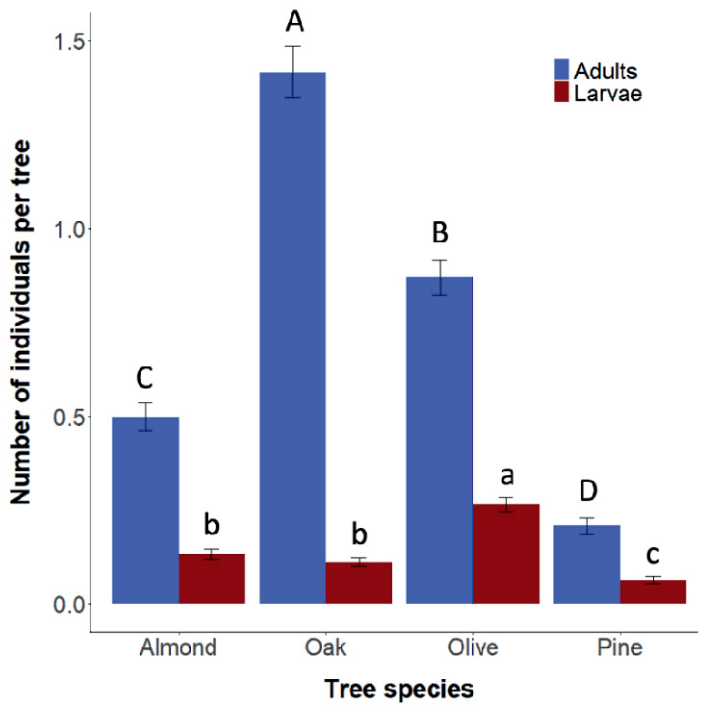
To investigate the effect of site and tree species on the number of the Chrysopidae adults and larvae collected were analysed using generalized linear mixed models (GLMM) combined with a negative binomial distribution. In each model, sampling date was established as a random effect to account for repeated measures on the same site and tree species at different times, as well as variations in population dynamics. Following univariate analysis, principal response curve (PRC) analysis was used to explore both the temporal dynamics of the Chrysopidae adult community and the contribution of each Chrysopidae species to these dynamics for each tree species, according to the method described by Auber et al. (2017).

3. RESULTS

A total of 3477 individual Chrysopidae (2918 adults as compared to 559 larvae) were collected between April and October 2016.

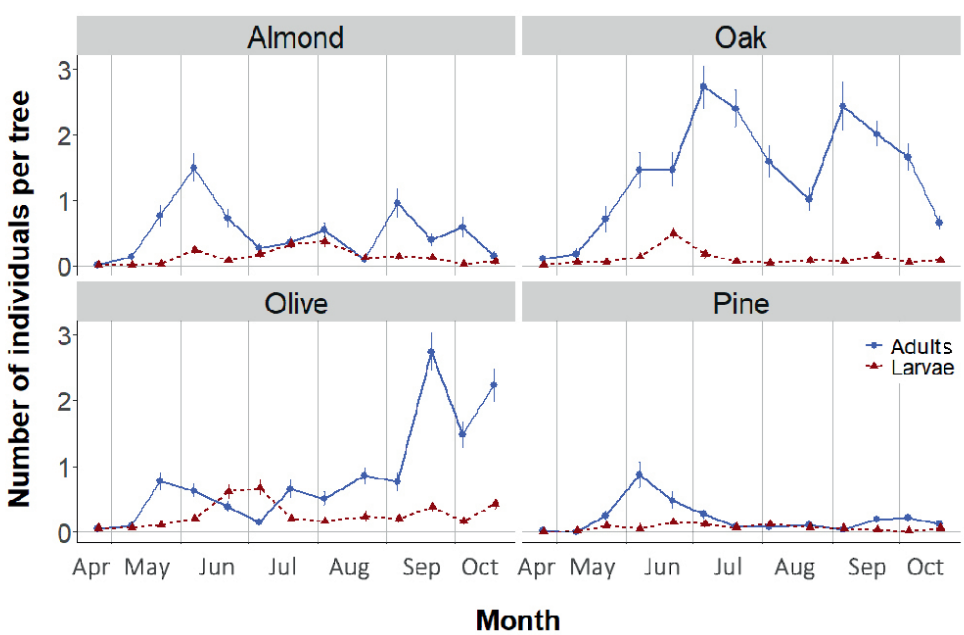
Adult Chrysopidae from the four tree species showed the following significant variations (GLMM, $\chi^2 = 541.34$, d.f. = 3, $P < 0.001$) (Figure 1): oak trees recorded the largest number of adult Chrysopidae (mean ± SE) (1.42 ± 0.07), followed by olive trees (0.87 ± 0.05), almond trees (0.50 ± 0.04) and pine trees (0.21 ± 0.02). With respect to seasonal numbers of adult Chrysopidae associated with the different tree species (Figure 2), oak trees reached a peak in early July (2.73 ± 0.32) and September (2.44 ± 0.37), while in olive trees were abundant from May, decreased in early July, and reached a peak in late September (2.75 ± 0.29) and also in October (2.24 ± 0.24). On the other hand, the number of adult Chrysopidae in both pine and almond trees peaked at the beginning of June (0.87 ± 0.19 and 1.49 ± 0.21, respectively), while almond trees again reached a peak at the beginning of September (0.96 ± 0.22) (Figure 2).

Figure 1. Number of Chrysopidae adults and larvae collected per tree (mean ± SE) in each tree species. Different letters indicate statistically significant differences between Chrysopidae adults (capital letters) and larvae (lower case letters) (GLMM, Tukey's test, $P < 0.05$).



Source: Own development.

Figure 2. Number of Chrysopidae adults and larvae (mean ± SE) collected from almond, oak, olive and pine trees on each sampling date.



Source: Own development.

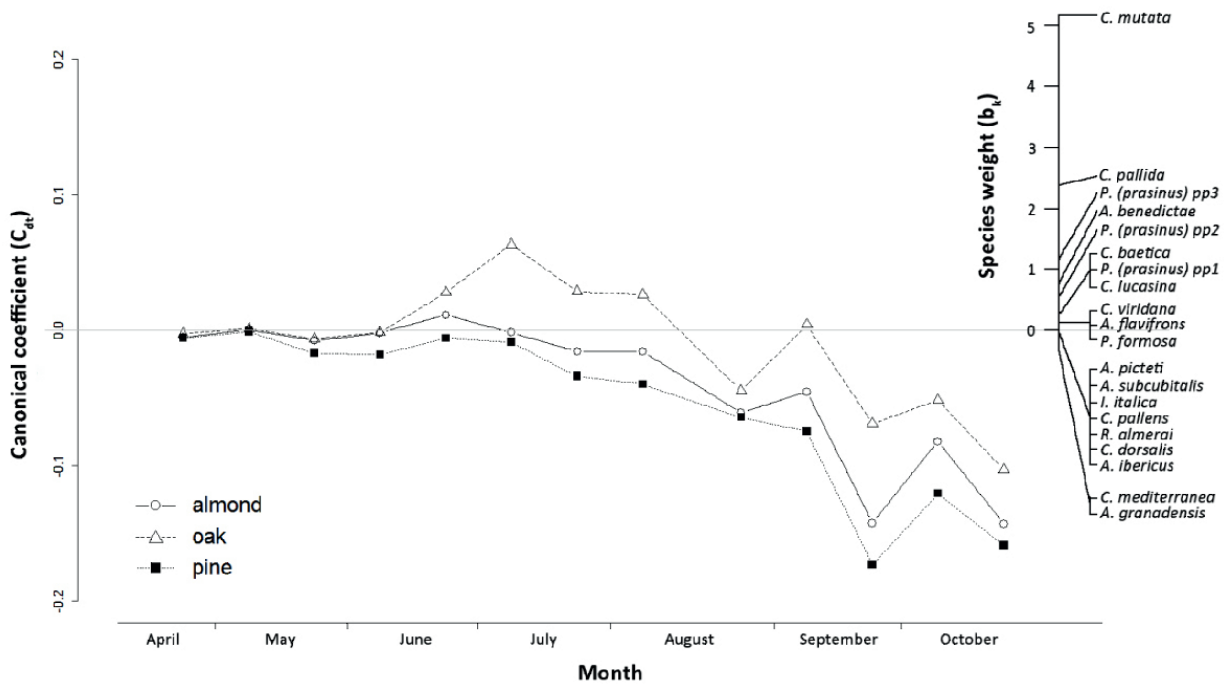
Although the sampling method was particularly oriented towards the capture of adult Chrysopidae, larvae were also collected, whose numbers in the tree species varied significantly (GLMM, $\chi^2 = 162.72$, d.f. = 3, $P < 0.001$) (Figure 1): olive trees (0.27 ± 0.02) had the largest number of larvae collected, with pine trees (0.06 ± 0.01) showing an opposite trend, while almond and oak trees both recorded intermediate values without any significant statistical differences being observed. The seasonal number of larvae associated with oak trees peaked at the end of June (0.49 ± 0.08), while in olive trees reached a maximum in early July (0.67 ± 0.12) (Figure 2). In almond trees, the number of larvae peaked in early August (0.37 ± 0.09). On the other hand, the number of larvae in pine trees remained almost flat during the study period.

We collected 20 species from the following seven genera of the Chrysopidae family: *Apertochrysa* (six species), *Chrysopa* Leach, 1815 (four species), *Chrysoperla* (four species), *Pseudomallada* (three species), *Cunctochrysa* Hölzel, 1970 (one species), *Italochrysa* Principi, 1956 (one species), and *Rexa* Navás, 1920 (one species).

The most abundant species were *Chrysoperla mutata* (McLachlan, 1898) (0.20 ± 0.01; 774 adults), followed by *Chrysoperla pallida* Henry et al., 2002 (0.13 ± 0.01; 520 adults), *Pseudomallada (prasinus) pp3* (Duelli & Henry, 2020) (0.12 ± 0.01; 460 adults) and *Chrysoperla lucasina* (Lacroix, 1912) (0.11 ± 0.01; 424 adults). The other species, which ranged from 1 to 168 adults collected, were much less abundant.

PRC analysis of adults showed deviations from the olive tree species during the period of the study, which were especially marked from the end of June when the total number of adult Chrysopidae increased in the agroecosystems (Figure 3). We observed positive deviations of oak trees from olive tree species during the end of June until the beginning of August, followed by slight or negative deviations. Meanwhile almond trees showed a slight positive deviation at the end of June, followed by slight or negative deviations. However, pine trees recorded negative deviations virtually throughout the whole period of the study. The species *C. mutata*, *C. pallida*, *P. (prasinus) pp3*, *A. benedictae* and *P. (prasinus) pp2* were the principal contributors to the community deviations observed. Although *C. mutata* was mainly collected from the almond, oak and olive trees, the number of adults mostly varied between oak and olive trees. The numbers of *C. mutata* in oak tree species, which reached a peak in August, then diminished, especially with respect to olive tree species. *Chrysoperla pallida*, *P. (prasinus) pp3* and *P. (prasinus) pp2* reached a peak in July in oak trees and then diminished in favour of olive and almond tree species. On the other hand, *A. benedictae* was most commonly found in the oak tree species, with a peak in September and fewer captures from almond, olive and pine tree species.

Figure 3. PRC graph showing the effect of almond, oak, pine and olive trees on the Chrysopidae species composition collected from tree species on each sampling date by of suction sampling. The y axis was significant (Monte Carlo permutation test, $P < 0.05$).



Source: Own development.

4. DISCUSSION

Our study shows that the presence of almond, oak and pine trees adjacent to the olive orchard had a positive effect on the Chrysopidae community. The increased abundance of adult Chrysopidae in the different tree species translated into an increase in the abundance of larvae in olive trees.

SNHs are valuable structures for conserving and promoting Chrysopidae populations (Szentkirályi, 2001b). Previous studies have reported that the presence of garrigue vegetation, legume fields or native vegetation, such as *Spartium*, *Cistus*, *Rosmarinus*, *Pistacia*, *Pinus* and *Quercus,* surrounding olive orchards, produces Chrysopidae assemblages displaying the largest number of species and highest abundance levels inside the orchards (Alrouechdi et al., 1980; Campos and Ramos, 1983; Canard et al., 1979). We found that adult Chrysopidae were most attracted to oak trees and least attracted to pine trees. This appears to corroborate the results of González et al. (2008), who observed that olive orchards bordering oak trees have higher Chrysopidae abundance than those next to pine trees. Furthermore, olive trees recorded significantly higher number of Chrysopidae larvae than other tree species, which reached peak levels between late June and early July. This could be related to the attraction of *C. carnea s.l.* to *P. oleae*, whose carpophagous

generation begins during this period of time; this also coincides with the highest egg predation rates (Ramos et al., 1984), which has been confirmed by serological tests (Morris et al., 1999). Despite this, adjacent tree species in SNHs are invaluable, and further studies of the temporal dynamics of Chrysopidae and intraguild predator communities need to be carried out in order to measure *P. oleae* egg consumption in relation to conservation biological control in olive orchards.

Despite their uniform morphological traits, Chrysopidae have different biological and ecophysiological characteristics (Canard, 1998). It is therefore important to increase our knowledge of their temporal dynamics at species level in order to better understand the factors that influence their spatial cycles and their availability to contribute to biological control (Paulian, 2001). Most of the 20 Chrysopidae species collected in our study were previously found in Spanish olive orchards (Campos and Ramos, 1983; González et al., 2008; Monserrat, 2016; Porcel et al., 2017), except to *A. benedictae*, *P. (prasinus) pp1*, *pp2* and *pp3*, which, to the best of our knowledge, were identified for the first time in Spanish olive orchards. Our study shows that tree species plays an important role in Chrysopidae temporal dynamics. Monserrat and Marín (1994) have reported that different types of vegetation, herbaceous, shrubs and tree species are specifically associated with Iberian Chrysopidae species. Between the months of April and October, we collected the species *C. mutata*, *C. pallida*, *P. (prasinus) pp3*, *A. benedictae* and *P. (prasinus) pp2,* which were mainly responsible for the differences between the tree species. As with *C. mediterranea* and pine trees, *A. benedictae* was found to be markedly specific to oak trees. Meanwhile, *C. mutata*, *C. pallida*, *P. (prasinus) pp3* and *P. (prasinus) pp2* were recorded in almond, oak and olive trees, with slight differences between the tree species, which may be indicative of differing behaviour patterns. Mostly Chrysopidae species collected from almond, oak, pine and olive tree species are basically palyno-glycophagous. This indicates that the tree species sampled could be used for refuge, feeding and reproduction purposes. In a previous study, we confirmed that the most abundant adult Chrysopidae, *C. pallida*, *C. mutata*, *C. lucasina* and *P. prasinus,* collected in our current study use mainly almond, oak and olive trees for reproduction (Alcalá Herrera et al., 2019a). Furthermore, Villa et al. (2019) have reported that *C. carnea s.l.* collected from olive orchards feed on pollen grains from trees, shrubs and herbaceous species such as *O. europaea*, *Fabaceae*, *Pinaceae*, *Cistaceae* and *Ericaceae*, as well as on pollen settled on vegetation surfaces. It may be quite possible that adult Chrysopidae collected from olive trees in September and October in our study consume olive pollen grains on olive tree surfaces and complement their diet with other pollen grains from surrounding plant species.

5. CONCLUSIONS

We demonstrated that adult Chrysopidae are most abundant in oak trees and least abundant in pine trees, while olive trees recorded the highest abundance of Chrysopidae larvae, with pine trees having the lowest levels. In our study area, a total of 20 Chrysopidae species were collected, with a predominance of the species *C. mutata*, *C. pallida*, *P. (prasinus) pp3*, *A. benedictae* and *P. (prasinus) pp2,* which were responsible for the temporal deviations in the Chrysopidae community among

the different tree species. *Chrysoperla mutata* and *C. pallida* had a preference for olive trees, while *A. benedictae*, *P. prasinus pp2* and *pp3* preferred oak trees. Our study has important implications for the protection and promotion of SNHs in agricultural landscapes aimed at conserving and maintaining Chrysopidae in olive orchards. We recommend installing around olive orchards oak and almond trees. Both tree species share the Chrysopidae species predominant in the Chrysopidae community in olive agroecosystems. However, further research is required to investigate the connection between the effect of temporal variations in the Chrysopidae community on *P. oleae* pest control in olive orchards and their interaction with the SNH design.

6. ACKNOWLEDGMENTS

We wish to thank the following persons: Mercedes Campos for making the whole project possible and for her invaluable support; the olive orchard owners, Rafael Osorio, Francisco Osorio, Antonio López-Barajas, Manuel Recio and Norberto Recio, for providing access to their farms; and Mª Luisa Fernández Sierra, Ariel Turchak, Ignacio Martín, Luis Plaza and Mª Gloria Sáenz for field, laboratory and sampling assistance. We would also like to thank Mario Porcel (AGROSAVIA) for statistical suggestions, Victor Monserrat (Complutense University of Madrid) and Peter Duelli (Swiss Federal Research Institute) for advice regarding Chrysopidae taxonomy, and finally Michael O´Shea for proofreading the manuscript, as well as the reviewers for their helpful comments. The study was funded by the Junta de Andalucía (project P12-AGR-1419 and the postdoctoral contract awarded 3rd September 2020).

7. REFERENCES

Alcalá Herrera, R., Campos, M., González-Salvadó, M., Ruano, F., 2019a. Abundance and population decline factors of chrysopid juveniles in olive groves and adjacent trees. *Insects* 10, 134. https://doi.org/10.3390/insects10050134

Alcalá Herrera, R., Ruano, F., Gálvez Ramírez, C., Frischie, S., Campos, M., 2019b. Attraction of green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) to native plants used as ground cover in woody Mediterranean agroecosystems. *Biol. Control* 139. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104066

Alrouechdi, K., Lyon, J.P., Canard, M., Fournier, D., 1980. Les chrysopids (Neuroptera) récoltés dans une oliveraie du sud-est de la France. *Acta Oecologica-Oecologia Appl.* 1, 173–180.

Auber, A., Travers-Trolet, M., Villanueva, M.C., Ernande, B., 2017. A new application of principal response curves for summarizing abrupt and cyclic shifts of communities over space. *Ecosphere* 8, e02023. https://doi.org/10.1002/ecs2.2023

Barbosa, P., 1998. *Conservation biological control.* Academic Press, Elsevier, San Diego, CA, US.

Begg, G.S., Cook, S.M., Dye, R., Ferrante, M., Franck, P., Lavigne, C., Lovei, G.L., Mansion-Vaquie, A., Pell, J.K., Petit, S., Quesada, N., Ricci, B., Wratten, S.D., Birch, A.N.E., 2017. A functional overview of conservation biological control. *Crop Prot*. 97, 145–158. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.11.008

Bianchi, F.J.J.A., Schellhorn, N.A., Cunningham, S.A., 2013. Habitat functionality for the ecosystem service of pest control: reproduction and feeding sites of pests and natural enemies. *Agric. For. Entomol*. 15, 12–23. https://doi.org/10.1111/j.1461-9563.2012.00586.x

Breitkreuz, L., Duelli, P., Oswald, J., 2021. Apertochrysa Tjeder, 1966, a new senior synonym of *Pseudomallada* Tsukaguchi, 1995 (Neuroptera: Chrysopidae: Chrysopinae: Chrysopini). *Zootaxa* 4966, 215–225. https://doi.org/10.11646/zootaxa.4966.2.8

Brooks, M.E., Kristensen, K., van Benthem, K.J., Magnusson, A., Berg, C.W., Nielsen, A., Skaug, H.J., Mächler, M., Bolker, B.M., 2017. glmmTMB balances speed and flexibility among packages for zero-inflated generalized linear mixed modeling. *R J*. 9, 378–400.

Campos, M., 1989. Observaciones sobre la bioecologia de *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) en el sur de España. *Neuroptera Int*. 5, 159–164.

Campos, M., Ramos, P., 1983. Crisópidos (Neuroptera) capturados en un olivar del sur de España. *Neuroptera Int*. 2, 219–227.

Canard, M., 1998. Life history strategies of green lacewings in temperate climates: a review (Neuroptera, Chrysopidae). in Panelius, S. P. (ed.). Neuropterology 1997. Proceedings of the Sixth International Symposium on Neuropterology (13-16 July 1997, Helsinki, Finland). *Acta Zool. Fenn*. 209, 65–74.

EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ALPERUJO Y COMPOST DE ALPERUJO EN EL SUELO DEL OLIVAR

García-Ortiz-Civantos, Concepción. IFAPA Centro `Venta del Llano´ del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica, concepcion.garciaortiz@juntadeandalucia.es.
García-Mesa, José Antonio. IFAPA Centro `Venta del Llano´ del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica, josea.garcia.mesa@juntadeandalucia.es.
Fernández-Hernández, Antonia. JAENCOOP, alamazaras@jaencoop.com.

RESUMEN: El presente trabajo evalúa la posibilidad de que los compost elaborados con alperujo, estiércol de oveja, urea, restos de poda y hojas de las limpiadoras puedan ser empleados para mejorar el contenido de materia orgánica en los suelos del olivar. Para la consecución de los objetivos se establece un diseño experimental completamente al azar con tres parcelas elementales por tratamiento en la que cada una está constituida por dos árboles adultos de la variedad 'Picual', cultivados en un marco de plantación de 12x12, empleando métodos tradicionales de cultivo y riego de apoyo situados en la Finca Experimental de IFAPA Centro Venta del Llano en Mengíbar (Jaén).

PALABRAS CLAVE: Alperujo, Compostaje, Olivar, Economía circular

ABSTRACT: The present work evaluates the possibility that the compost elaborated with, sheep manure, urea, pruning remains and cleaner leaves can be used to improve the organic matter content in olive grove soils. To achieve the objectives, a completely randomized experimental design is established with three elementary plots per treatment, each consisting of two adult trees of the 'Picual' variety, grown in a 12x12 plantation frame, using traditional methods. of cultivation and support irrigation, located in the Experimental Farm of IFAPA Centro Venta del Llano in Menibar (Jaén).

KEYWORDS: Two phase olive mil waste, Composting, Olive grove, Circular economy

1. OBJETIVOS

Los subproductos de almazara generados en la extracción del aceite de oliva virgen por los sistemas continuos de dos fases, se producen en cantidades importantes en un intervalo de tiempo relativamente corto, y son considerados como potencialmente contaminantes llegando a plantear importantes problemas desde el punto de vista medioambiental y de gestión, representando una

importante pérdida de biomasa y nutrientes; pero en la búsqueda de alternativas de reutilización o reciclaje de estos subproductos se han encontrado diferentes aplicaciones. Entre las que destaca su aprovechamiento para el compostaje, técnica de tratamiento de residuos orgánicos, sencilla y económica, y que vislumbra una alternativa muy interesante para la obtención de productos con poder fertilizante y como enmienda orgánica en la agricultura sostenible destacando el sector del olivar, fruticultura y horticultura, entre otros.

Con la caracterización físico-química de los compost elaborados a partir del alperujo, se ha podido constatar que se trata de un producto con propiedades fertilizantes para su uso en olivar. Aunque se trata de un material con un valor añadido por sus contenidos en nutrientes no podemos olvidar de que se trata de una importante fuente de materia orgánica, lo que le confiere la propiedad de ser útil como enmienda en los suelos agrícolas, permitiendo una reducción de insumos fertilizantes y la mejora de las propiedades del suelo.

A lo largo del tiempo, la fertilización de los suelos ha sido principalmente inorgánica generándose un desgaste de la materia orgánica nativa, causando un deterioro de su condición física y haciéndose necesaria la búsqueda de nuevas fuentes con adecuados contenidos de materia orgánica, bajo coste, abundantes y cuya acumulación genere problemas medioambientales, como es el caso del alperujo.

La utilización directa de residuos orgánicos frescos en agricultura presenta una serie de inconvenientes siendo necesario someterlos a tratamientos previos a su utilización. El compostaje es uno de los métodos más usados al tratarse de un proceso ecológico y económico.

Esta estrategia, podría ser de especial interés para el mantenimiento del ecosistema del olivar, pues se caracteriza por presentar bajos contenidos en materia orgánica limitando su capacidad de trabajo, fertilidad a largo plazo y productividad, pues con el empleo de alperujo compostado tiene lugar un retorno de materia orgánica y de nutrientes al suelo, lo que ayudaría a paliar los problemas anteriormente descritos, y reducir los problemas asociados a la erosión, tan característicos de suelos faltos de estructura a consecuencia de los bajos contenidos en materia orgánica y favorecido por las prácticas culturales asociadas a este cultivo.

El compostaje es un perfecto ejemplo de agricultura de economía circular, un modelo de producción y consumo que implica en sus procesos el reutilizar, reparar o reciclar el residuo obtenido para conseguir una producción lo más sostenible posible.

El objetivo del presente trabajo es estudiar el efecto que tiene la aplicación continuada de distintos tratamientos orgánicos, alperujo fresco y compost de alperujo, en el contenido de materia orgánica de los suelos de olivar.

2. METODOLOGÍA

Este trabajo se ha centrado en la aplicación de tres tratamientos diferentes como fertilizante orgánico (compost I, compost II y alperujo fresco sin compostar) y un cuarto tratamiento mediante abonado mineral que servirá de testigo frente a los otros tres para evaluar su influencia en el contenido de materia orgánica de los suelos tratados. La fertilización inorgánica empleada estaba constituida por: 76 kg urea ha^{-1}, 66 kg de KCl ha^{-1} y 36 kg de superfosfato ha^{-1}. Las dosis aplicadas de cada uno de los compost y tratamientos orgánicos se establecieron en función de su contenido final de nitrógeno una vez terminada la fase de maduración (Tabla 1).

Tabla 1. Dosis de aplicación de los tratamientos orgánicos

	Compost I	**Compost II**	**Alperujo fresco**
N (%)*	1.80	1.30	1.20
Humedad (%)	10.10	6.90	49.90
kg compost árbol-^{1}	62	83	167
kg compost parcela^{-1}	372	498	1002
kg compost ha^{-1}	4340	5810	11690

*Resultados expresados sobre materia seca.

Fuente: elaboración propia

El estudio se realiza en una parcela de ensayo situada en la Finca Experimental de IFAPA Centro Venta del Llano en Meníbar (Jaén). Consta de tres parcelas elementales por tratamiento en la que, cada parcela elemental está constituida por dos árboles de la variedad 'Picual', distribuidos en un diseño experimental completamente al azar y manteniendo línea guarda entre tratamientos, empleando métodos tradicionales de cultivo, con un marco de plantación de 12x12 y riego de apoyo.

Se prepararon dos compost distintos por co-compostaje del alperujo con estiércol de oveja, urea, restos de poda triturados y hoja procedente de la limpieza de la aceituna en la almazara, empleados como material estructurante y fuentes de nitrógeno en cada caso. Los compost se prepararon con las siguientes composiciones y proporciones (en peso seco) para conseguir una relación C/N inicial de 30:

- Compost I (CI): alperujo (20%) + estiércol de oveja (60%) + restos de poda (20%)
- Compost II (CII): alperujo (71%) + hojas de la limpiadora (29%) + urea (9 kg/tn)

Para el compostaje se empleó el sistema de pila móvil siendo volteados y humedecidas según necesidades cada dos semanas durante la fase bio-oxidativa y dejándolos en reposo sin volteos durante la maduración. El seguimiento del proceso se realizó in situ por la medida diaria de la temperatura en distintas zonas de las pilas.

Los parámetros fisicoquímicos analizados en los compost una vez maduros fueron el contenido de materia orgánica (MO) se calcula por pérdida de peso por calcinación a 430ºC durante 8 h. El carbono orgánico total (COT) se determinó mediante un analizador elemental automático Leco Truspec CN (Leco, EE.UU.) (Navarro et al., 1993). El N total (N) se cuantificó por un método volumétrico después de una digestión Kjeldahl (1883). El potasio (K) se determina por absorción atómica medido en emisión (Métodos oficiales, tomo III) y la determinación del fósforo (P) por colorimetría siguiendo el método de Murphy y Riley (1962).

La muestra de suelo se obtiene mediante una muestra representativa obtenida al mezclar cuatro submuestras de cada parcela tomadas aleatoriamente a 20 cm de profundidad. La materia orgánica se analizó según los Métodos Oficiales Españoles de Análisis de Suelos (BOE, 1976).

Los datos experimentales fueron sometidos a un análisis unidireccional de la varianza (ANOVA) para un diseño experimental completamente al azar. La diferencia entre las medias se realiza estableciendo un test LSD para un nivel de significancia de $p<0.05$, utilizando el programa Statistix 8 para Windows.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Temperatura

La temperatura es el parámetro más empleado para hacer el seguimiento "in situ" del proceso de compostaje al tratarse de una medida rápida y efectiva que nos indica de forma directa la actividad microbiana existente en cada fase del proceso.

La Figura 1 muestra la evolución de temperatura en el compost I y compost II para los cinco años de estudio.

La evolución de la temperatura de las dos mezclas siguió el patrón típico para este tipo de material a lo largo de los cinco años de estudio, que se caracterizó por altas temperaturas y un largo proceso de compostaje hasta la 30 o 35 semanas como consecuencia de la composición lignocelulósica tan rica de estos materiales orgánicos (Cayuela y cols., 2006; Alburquerque y cols., 2009; Fernández-Hernández y cols., 2014). La temperatura de las dos pilas aumentó rápidamente hasta valores de 50-70 °C (Figura 1). Estas altas temperaturas se mantuvieron durante 10 semanas aproximadamente y luego disminuyó ligeramente a 40-50 °C por la semana 16, lo que indicó el final de la fase termófila. Durante la maduración, las temperaturas eran generalmente por debajo de 40 °C y se redujo a valores finales cerca de aire ambiente (alrededor de 30 °C) después de 26 semanas de compostaje. La mezcla formada por alperujo, hojas y urea fue la que alcanzó mayores temperaturas, que superaron los 65º C.

Como se aprecia en la evolución de la temperatura de ambos compost es muy similar lo que hace pensar que las proporciones de materias primas son correctas. Estas altas temperaturas

fueron debidas a que los restos de poda y hoja contenían una gran cantidad de materia orgánica, de más difícil degradación en el caso de restos de poda. Ambos agentes estructurantes, restos de poda y hojas, poseen compuestos más solubles a disposición de los microorganismos mesófilos, responsables del aumento de temperatura en la fase bio-oxidativa del compost; por lo tanto estas altas temperaturas fueron ocasionadas por el material de partida (García de la Fuente, 2011).

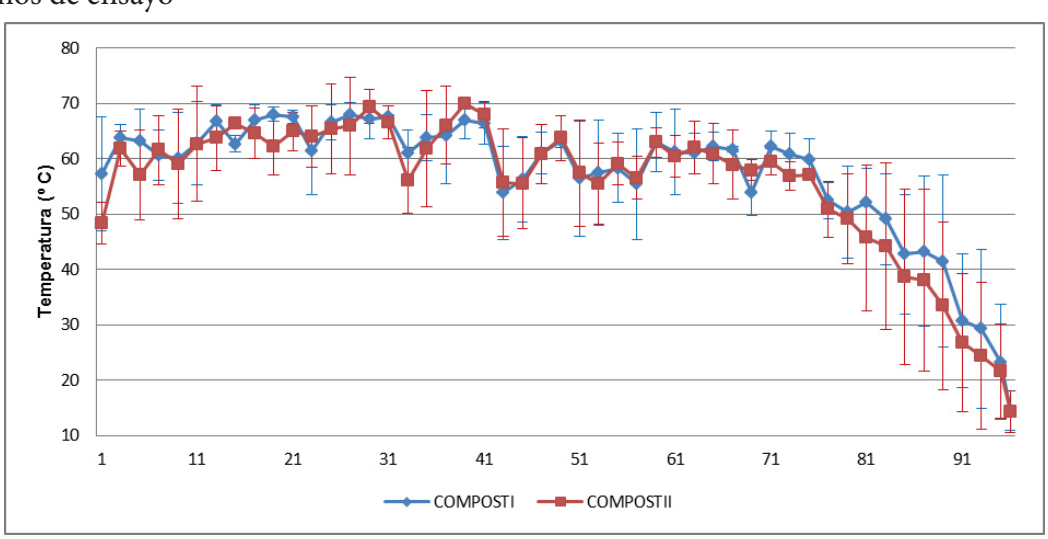
En los compost con urea como fuente de nitrógeno como ocurre en el compost II, tuvo lugar en las primeras etapas del proceso una rápida degradación de la materia orgánica de los compuestos. Esta alta disponibilidad de nitrógeno inicial, suministrado por la hidrólisis de la urea, tiene como consecuencia el desarrollo de una población microbiana con alta actividad metabólica (García-Gómez y cols., 2003) asociado a un aumento importante de la temperatura en los momentos iniciales del proceso.

Se ha de decir, que el aumento y evolución de la temperatura también es función del dimensionamiento de la pila y de la transferencia de calor dentro de la misma (Serramiá, 2010).

Otro detalle a discutir son los descensos acusados que se observan en las temperaturas debidos a una disminución de la actividad microbiana en las pilas por falta de humedad y aireación, lo que justificó en gran medida la necesidad del volteo, ya que como se observa, después de los volteos realizados quincenalmente, se produjo un aumento progresivo de la temperatura.

Una vez que la temperatura alcanzada después de los volteos no aumentaba, sino que se mantenía o disminuía, comenzaba el periodo de maduración del compost.

Figura 1. Evolución de la temperatura promedio a lo largo del proceso de compostaje para los cinco años de ensayo



Valor medio ± error estándar (n=5)
Fuente: elaboración propia

3.2. Caracterización de los compost

Las dos mezclas de compostaje se caracterizaron por una composición nutricional equilibrada, relativamente enriquecidas en N por el uso de estiércol de oveja y urea, y una alta concentración de materia orgánica bien estabilizada. Las diferentes mezclas se sometieron al proceso de compostaje típico de este tipo de residuos (Serramiá et al., 2010), caracterizado por largos periodos de compostaje de hasta 30 semanas y con temperaturas máximas en torno a los 60-70 C durante la fase termófila.

Los compost preparados para el presente trabajo mostraron un contenido relativamente alto en elementos minerales (Tabla 2) haciéndolas adecuadas para su uso como fertilizante orgánico en el olivar. La composición mineral de los compost de alperujo dependen en gran medida no solo de la composición del alperujo en sí mismo (índice de maduración de la aceituna, tiempo de almacenamiento antes del compostaje y condiciones de extracción), sino también de otros factores externos, como la tasa y la composición de los subproductos agro-industriales utilizados en las mezclas de partida (Fernández-Hernández et al., 2014).

El contenido en materia orgánica total en el compost I (Tabla 2) fue superior significativamente al compost II, hecho que se observó igualmente para el contenido en carbono orgánico total y nitrógeno total. En cuanto al contenido de nitrógeno, en el compost I fue mayor que en el compost II, tratándose de diferencias no significativas y pudiendo ser debido a una pérdida de nitrógeno por la mayor liberación de amonio cuando se utiliza la urea como fuente de nitrógeno, como es el caso del compost II. Los valores de relación C/N para el compost I y II de 17.3 y 19.2, respectivamente, claramente superiores a 12, valor sugerido por Bernal y cols. (1998), como representativo de materiales suficientemente maduros e indicador de buena estabilidad. El valor de la relación C/N se considera como índice de la disponibilidad por los cultivos del nitrógeno contenido en los productos orgánicos, en este sentido Jakse y Mihelic, (1999), indicaron que una relación C/N de 17 produjo la inmovilización en los cultivos de espinaca y acelga, mientras que con una relación C/N menor de 15 no se alteró la actividad microbiana del suelo (Allison, 1973). El valor de la relación C/N para estos compost de alperujo fue algo superior que para otro tipo de compost debido a que presentaban un mayor contenido de lignina, compuesto resistente a la biodegradación y que pudo incrementar el valor de la relación C/N. Además, tanto el compost I como el compost II cumplieron los requerimientos especificados por la legislación vigente, que indica que los compost de alperujo deben poseer un contenido en materia orgánica total superior al 45% sobre materia fresca y una relación C/N inferior a 20 (Real Decreto 506/2013).

En cuanto al alperujo fresco poseía un elevado contenido de materia orgánica significativamente superior a los valores obtenidos para el compost I y II. Al igual que ocurre con la relación C/N, esto es indicativo del menor grado de madurez del alperujo fresco con respecto a los composts I y II, ya que se ha constatado que con el proceso de compostaje disminuyen los niveles de lignina y celulosa (Komilis y Ham, 2003; Alburquerque y cols., 2009).

En cuanto al contenido en macronutrientes, en líneas generales, se aprecia como el compost I presentó mayor contenido que el compost II. Esto pudo ser debido a la mayor riqueza de los materiales de partida ya que el compost I estaba elaborado con estiércol de oveja como fuente de nitrógeno y los estiércoles presentan mayor contenido de estos elementos debido a la alimentación animal que el caso del alperujo, cosa que no sucede en el compost II que empleaba urea para tal fin.

En cuanto al alperujo fresco presentó un alto contenido en nitrógeno y carbono orgánico total (COT), siendo estos los responsables de la relación C/N resultante. El contenido en potasio fue relativamente bajo considerando los valores reconocidos en el alperujo por Roig y cols. (2006). El resto de macronutrientes se encontraban dentro de los rangos de variación establecidos por Roig y cols. (2006).

Tabla 2. Caracterización físico-química del compost I, compost II y alperujo

	Compost I	**Compost II**	**Alperujo**
Humedad (%)	10.10±2.12	6.90±1.27	49.90±20.07
pH	8.90±0.45	7.90±0.40	5.70±0.70
CE (dS m^{-1})	3.70±1.76	5.00±2.47	
MO (g kg^{-1})	593±51	392±97	780±253
COT (g kg^{-1})	324±18	227±56	452±147
C/N	19.20±3.46	17.30±1.18	40.10±11.45
N (%)*	1.80±0.21	1.30±0.39	1.20±0.11
P (%)*	0.40±0.06	0.10±0.05	0.10±0.02
K (%)*	1.30±0.07	0.90±0.44	1.10±0.27

Fuente: elaboración propia
Resultados expresados como valor medio ± error estándar para n=3

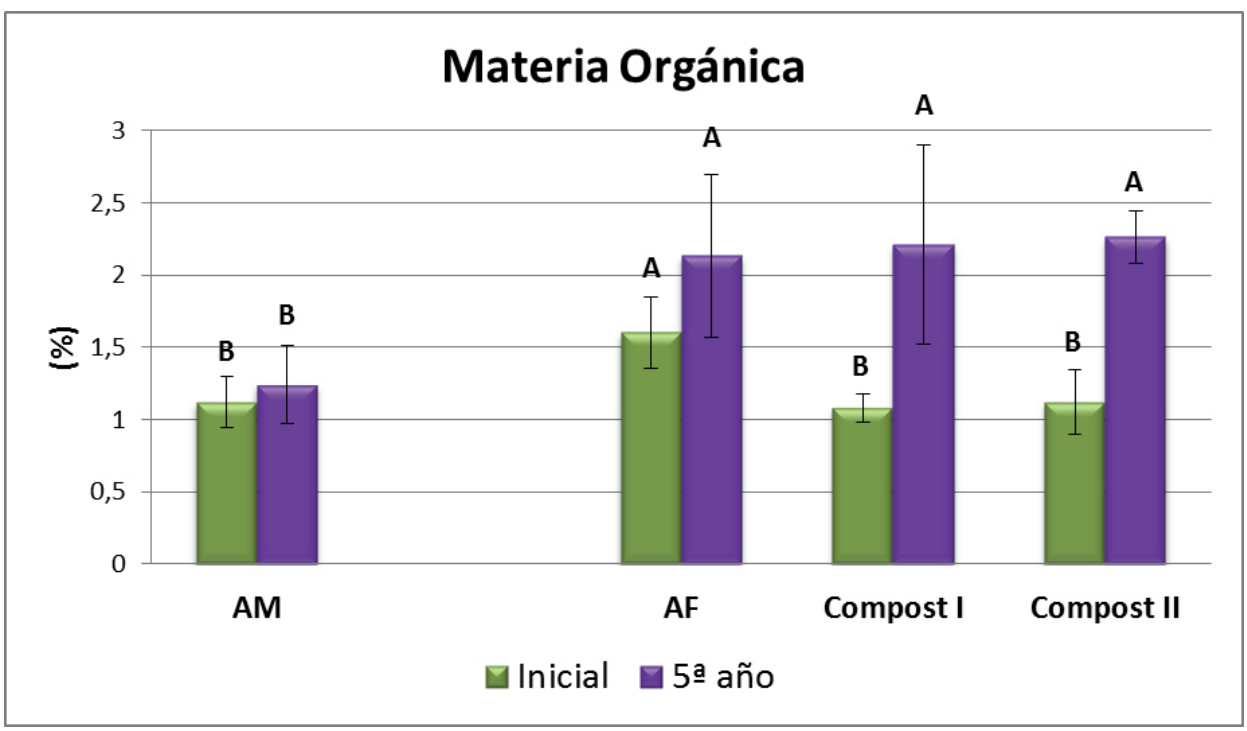
* Resultados expresados sobre materia seca.

3.3. Materia orgánica en los suelos

El compost de alperujo contiene una gran cantidad de materia orgánica, y por lo tanto, podría ser útil su uso como una enmienda a los suelos agrícolas, reduciendo potencialmente la necesidad de insumos fertilizantes de nitrógeno, fósforo y potasio, y la mejora de una serie de propiedades

del suelo. Esta estrategia podría ser de especial importancia para el mantenimiento del ecosistema olivar en el que el retorno de la materia orgánica al suelo, además de su efecto positivo de almacenamiento de carbono en el suelo, ayudaría a evitar los problemas asociados con la erosión (Pleguezuelo y cols., 2009).

Figura 2. Contenido de materia orgánica total del suelo olivar (0-20 cm de profundidad) al principio (inicial) y después de 5 años (quinto año) de aplicación agronómica de los fertilizantes inorgánicos y diferentes enmiendas orgánicas



Fuente: elaboración propia.

AM: abonado mineral; AF: alperujo fresco; Compost I: compost elaborado con alperujo nuevo, estiércol de oveja y restos de poda; Compost II: compost el alperujo nuevo, hoja y urea.

Resultados expresados en materia seca, como valor medio ± error estándar (n=3).

Letras diferentes en columna indica diferencias significativas entre tratamientos para una $p<0.05$.

En general, la aplicación de los distintos compost de alperujo en las parcelas de ensayo durante los cinco años estudiados dio lugar a un aumento significativo de la materia orgánica del suelo en comparación con los suelos que no recibieron compost y fueron fertilizados con abono mineral.

Según se puede observar en la Figura 2 al inicio de los ensayos todas las parcelas presentaban un contenido de materia orgánica similar y sin diferencias significativas entre los tratamientos con compost de alperujo y el abonado mineral, excepto para el tratamiento con alperujo fresco que presentaba un valor significativamente mayor que el resto de parcelas de ensayo. Tras cinco años se observó que en los suelos tratados con abono mineral no había aumento en el contenido de materia orgánica de los mismos, como cabría esperar, ya que con este tipo de fertilización no se realizó aporte orgánico alguno. Sin embargo, en los suelos con aplicación de compost I y compost II si se produjo un importante aumento en el contenido de materia orgánica observándose diferencias significativas entre el inicio y el último año para cada una de las aplicaciones, alcanzando valores superiores al 2%. Para los suelos en los que se empleó alperujo fresco como enmendante orgánico se observó un aumento en el contenido de materia orgánica entre el inicio y el último año de aplicación pero sin diferencias significativas entre ellos ya que, aunque el contenido en materia orgánica en el alperujo fresco es muy elevada, ésta es incorporada al suelo sin ser degradada por lo que su disponibilidad es menor que en el caso de la materia orgánica procedente del compost I y compost II, que mediante el proceso de compostaje es degradada y transformada provocando un mayor contenido de materia orgánica en los suelos. Aun así, y debido a que los suelos enmendados con alperujo fresco presentaban los mayores contenidos de materia orgánica al inicio de los ensayos, el último año alcanza valores superiores al 2%, al igual que los suelos tratados con compost I y compost II, por lo que en los tres casos conseguimos llegar a valores de suelos fértiles, considerándose como tales aquellos que presenta un contenido en materia orgánica ≥ 2%.

Este aumento de la materia orgánica del suelo después de la aplicación continua no es hecho extraño debido a que los compost de alperujo empleados y el alperujo fresco presentaron el alto contenido de materia orgánica (Tabla 2). Este aumento es importante en condiciones semiáridas donde los suelos agrícolas son pobres en materia orgánica y están sujetos a una intensa degradación, como es el caso en muchas áreas de las explotaciones de aceite de oliva. Nuestros datos confirman los resultados previos, lo que indica que la materia orgánica del suelo aumentó después de las enmiendas con los distintos compost de alperujo elaborados y el alperujo fresco durante las primeras semanas después de la aplicación (Piotrowska y cols., 2006) o después de varios años (López-Piñeiro y cols., 2008, García-Ruiz y cols., 2013, Fernández-Hernández y cols., 2014).

4. CONCLUSIONES

El uso de los distintos tipos de compost estudiados durante los años de aplicación, dieron lugar a un aumento significativo en el contenido de materia orgánica del suelo en comparación con los suelos que no recibieron compost y fueron fertilizados con abono mineral.

5. BIBLIOGRAFÍA

Alburquerque, J. A., Gonzálvez, J., Tortosa, G., Ait Baddi, G., Cegarra, J. (2009): <<Evaluation of "alperujo" composting based on organic matter degradation, humification and compost quality>>, *Biodegradation*, 20, 257–270.

Allison, F. E. (1973): *Soil organic matter and its role in crop production*, New York, Elsevier.

Bernal, M. P., Paredes, C., Sánchez-Monedro, M. A., Cegarra, J. (1998): <<Maturity and stability parameters of compost prepared with a wide range of organic wastes>>. *Bioresource Technology*, 63, 91-99.

Cayuela, M. L., Sánchez-Monedero, M. A., Roig, A. (2006): <<Evaluation of two different aeration systems for composting two-phase olive mill wastes>>, *Process Biochemistry*, 41, 616-623.

Fernández-Hernández, A., Roig, A., Serramiá, N., García-Ortiz Civantos, C., Sánchez-Monedero, M. A. (2014): <<Application of compost of two-phase olive mil waste on olive grove: effectts on soil, olive fruit and olive quality>>, *Waste Management*, 34, 1139-1147.

García de la Fuente, R. (2011): *Caracterización y uso de compost de alperujo como enmienda orgánica. Evluación agronómica y medioambiental*. Tesis doctoral dirigida por el Dr. Fernando Fornes Sebastiá y el Dr. Manuel Abad Berjón, Valencia, Universidad Politécnica de Valencia. Repositorio Institucional de la Universitat Politècnica de València (RIUNET). http://hdl.handle.net/10251/11406

García-Gómez, A., Roig, A., Bernal, M. P. (2003): <<Composting of the solid fraction of olive mill wastewater with olive leaves: organic matter degradation and biological activity>>, *Bioresource Technology*, 86, 59-64.

García-Ruiz, R., Ochoa, M.V., Hinojosa, M. B., Gómez-Muñoz, B. (2013): <<Improved soil quality after 16 years of olive mill pomace application in olive oil groves>>, *Agron. Sustain. Dev.*, 32, 803–810.

Jakse, M., Mihelic, R. (1999): <<The influence of organic and mineral fertilisation on vegetable growth and N availability in soil: preliminary results>>, *Acta Horticulturae*, 506.

Kjeldahl, J. (1883): <<A new method for the determination of nitrogen in organic matter>>. *Analytische Chemie*, 22, 366-382.

Komilis, D. P., Ham, R. K. (2003): <<The effect of lignin and sugars to the aerobic decomposition of solid wastes>>, *Waste Manage*, 23, 419-423.

López-Piñeiro, A., Albarrán, A., Rato Nunes, J. M., Barreto, C. (2008): <<Short and medium-term effects of two-phase olive mill waste application on olive grove production and soil properties under semiarid Mediterranean conditions>>, *Bioresource Technology*, 99, 7982-7987.

Secretaría General Técnica. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (1986): *Métodos oficiales de análisis*, Madrid, Tomo III, 21-38.

Murphy, J., Riley, J.P. (1962): <<A modified single solutions method for the determination of phosphate in natural waters>>. *Anal. Chem*, 27, 31–36.

Navarro, A.F., Cegarra, J., Roig, A., Garcia, D. (1993): <<Relationships between organic matter and carbon contents of organic wastes>>, *Bioresour. Technol.,* 44 (3), 203– 207.

Ministerio de Agricultura. (1976): *Orden de 5 de diciembre de 1975 por la que se aprueban como oficiales los métodos de análisis de suelos y aguas*. Madrid, BOE 78, 6458-6491.

Piotrowska, A., Iamarino, G., Rao, M. A., Gianfreda, L. (2006): <<Short-term effects of olive mill waste water (OMW) on chemical and biochemical properties of a semiarid Mediterranean soil>>. *Soil Biol Biochem*, 38, 600–610.

Pleguezuelo, C. R. R., Zuazo, V. H. D., Raya, A. M., Martínez, J. R. F., Rodríguez, B. C. (2009): <<High reduction of erosion and nutrient losses by decreasing harvest intensity of lavender grown on slopes>>. *Agron Sustain Dev*, 29, 363–370.

Ministerio de la Presidencia. (2013): *Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes*. Madrid, BOE 164, 51119-51207.

Roig, A., Cayuela, M. L., Sánchez-Monedero, M. A. (2006): <<An overview on olive mill wastes and their valorisation methods>>. *Waste Management*, 26, 960-969.

Serramiá, N., Sánchez-Monedero, M. A., Fernández-Hernández, A., García-Ortiz Civantos, C., Roig, A. (2010): <<Contribution of the lignocellulosic fraction of two-phase olive-mill wastes to the degradation and humification of the organic matter during composting>>. *Waste Manage*, 30, 1939-1947.

NUEVAS TENDENCIAS Y RETOS EN LA VALORIZACIÓN DE SUBPRODUCTOS DEL OLIVAR

José A. La Cal [a,b], Sergio Colombo [c,d], Anastasio J. Villanueva[c,d]
[a] *Universidad de Jaén (jalacal@ujaen.es)*
[b] *Bioliza*
[c] *IFAPA-Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, Granada (sergio.colombo@juntadeandalucia.es, anastasioj.villanueva@juntadeandalucia.es)*
[d] *WEARE-Water, Environmental, and Agricultural Resources Economics Research G., Universidad de Córdoba*

RESUMEN En la última década la bioeconomía circular (BEC) está apareciendo en la agenda política con una creciente intensidad, tanto a nivel internacional y comunitario, como a nivel nacional y regional. Ello parece estar permeando también en el sector del olivar, donde cada vez más se impone el cambio de percepción de residuo a subproducto, rechazando la concepción tradicional de su gestión, como "un problema a resolver", y abrazando la nueva concepción de "una oportunidad a aprovechar" para la maximización de la generación de riqueza y empleo. El objetivo de esta comunicación es examinar el estado del arte sobre la valorización de subproductos del olivar e identificar los principales retos que presenta la optimización técnico-económica de dicha valorización. Para ello se ha realizado una revisión sistemática de la literatura científica al respecto de las diferentes alternativas de valorización de subproductos del olivar, centrándose especialmente en la fase industrial oleícola. El resultado del análisis muestra que existe un notable margen de mejora en la valorización de los subproductos de la industria oleícola, donde imperan aprovechamientos de reducido valor añadido (como son especialmente aprovechamientos energéticos de bajo valor -p. ej. combustión de recursos biomásicos para generación de energía eléctrica, en condiciones normales de mercado). No obstante, se observa una creciente proliferación de iniciativas centradas en aprovechamientos con mayor valor añadido (p. ej., en forma de insumos apreciados en la industria cosmética y farmacéutica, productos energéticos de mayor valor, etc.). En algunos casos, estas iniciativas innovadoras se están alineando con las nuevas tendencias en la valorización de subproductos biomásicos, especialmente la adopción de procesos de valorización en cascada, empleando diversas tecnologías y sistemas productivos para la optimización del valor añadido extraído de estos subproductos, la diversificación de productos inter- e intra-ámbito de aprovechamiento, y el desarrollo de nuevas sinergias empresariales.

Sin embargo, existen importantes retos para la expansión de la BEC en el sector del olivar, tanto en lo referente al sector empresarial (p. ej., disposición a adoptar innovaciones) e institucional (p. ej., simplificación burocrática y normativa), como al escalado de las nuevas soluciones tecnológicas y la necesidad de conocimiento desde la perspectiva del análisis económico.

PALABRAS CLAVE: bioeconomía, economía circular, análisis sectorial, sector oleícola

ABSTRACT: In the last decade, the circular bioeconomy (CBE) appeared on the political agenda with increasing intensity, both at the international level, as well as at the national and regional level. This seems to be penetrating the olive grove sector as well, where the change in perception "from waste to by-product" is becoming more and more important, rejecting the traditional waste management conception (i.e. "a problem to be solved") and embracing the new conception of "an opportunity to take advantage of" to maximise welfare and employment creation. The objective of this communication is to examine the state of the art on the exploitation of olive grove by-products and identify the main challenges presented by the technical-economic valorisation of olive grove residuals. The analysis is based on a systematic review of the scientific literature regarding the different alternatives for the use of olive grove by-products, focusing especially on the olive industrial phase. Results show that there is a considerable potential for improvement in the reuse and valorisation of the by-products of the olive oil industry, where added value-added practices prevail (such as low-value energy uses, for example, burning of biomass resources for energy power production -under standard market conditions). However, there is a growing proliferation of initiatives focused on uses with higher added value (e.g. in the form of valuable inputs in the cosmetic and pharmaceutical industries, high value-added energy products, etc.). In some cases, these innovative initiatives are aligning with the new trends in biomass by-product valorisation, especially the adoption of cascade valorisation approaches, using various technologies and production systems to optimise the added value extracted from these by-products, diversification of inter- and intra-field products, and the development of new business synergies.

However, there are important challenges for the expansion of the CBE in the olive grove sector, with regard to not only entrepreneurial (e.g. willingness to adopt innovations) and institutional sectors (e.g. bureaucratic and regulatory simplification), but also regarding the technology scaling-up and the knowledge needs from the perspective of the economic analysis.

KEYWORDS: Bioeconomy, Circular Economy, Sectoral Analysis, Olive Sector

1. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

El aumento de la superficie de olivar en Andalucía, con incrementos anuales superiores al 1% en el periodo 1984-2015 (Berbel y Delgado-Serrano, 2017), así como el incremento de su producción (Guerrero-Casado et al., 2021), ha llevado aparejado un incremento en la generación de subproductos, tanto en la fase agrícola (restos de poda), como industrial (hojín, hueso, orujillo y alperujo). Polonio et al. (2022) han llevado a cabo una revisión bibliográfica de los subproductos del olivar e industria oleícola, observando la existencia de una elevada heterogeneidad en las cantidades de subproductos producidos según la fuente consultada. Estos autores, tras analizar críticamente las metodologías empleadas, concluyen que la cuantificación más realista de la producción media de recursos biomásicos por parte del olivar andaluz es de alrededor de 8 Mt/año,

repartidos en 5,4 Mt/año a pie de almazara (80% aproximadamente correspondiente a alperujo) y 2,6 Mt/año de la fase agrícola (i.e., restos de poda fundamentalmente). Esto es, solo considerando los primeros, se producen *grosso modo* 5 kg de subproductos por cada kg de aceite de oliva.

En la actualidad el 80% de los subproductos del olivar se dedican a la producción energética, un 14% a la producción de compost y fertilizantes y un 5% a alimentación animal (Berbel y Posadillo, 2018). Esto es, se dedican a la generación de compuestos de bajo valor añadido, o moderado en el caso de estos últimos aprovechamientos, todo ello a pesar del elevado potencial de valorización que presentan estos subproductos, habida cuenta de la cada vez más variada disponibilidad de alternativas de mayor valor añadido. Sin embargo, son escasos los análisis desde una perspectiva económica centrados en evaluar las posibles alternativas de aprovechamiento de los subproductos del olivar que aumenten valor añadido obtenido de estos. Por ello, el objetivo de este estudio es analizar las posibles alternativas de mayor valor añadido relacionadas con los subproductos del olivar (especialmente alperujo), enfocando el análisis a la revisión crítica de los aspectos económicos relacionados con estos productos. La información generada es de utilidad para el sector del olivar y la administración pública a la hora de determinar las opciones disponibles y económicamente viables para un mejor aprovechamiento de los subproductos del olivar.

2. VALORIZACIÓN DE SUBPRODUCTOS DEL OLIVAR

Los principales subproductos generados por la industria oleícola son (de mayor a menor cantidad producida): el alperujo, los huesos de aceituna, el orujillo y el hojín. En el caso del principal subproducto, el alperujo, más de un 90% del mismo se destina a la industria extractora, donde se extrae aceite de orujo y se producen orujillo y hueso de aceituna como subproductos que son empleados mayoritariamente para generación de energía eléctrica y térmica. Este enfoque de valorización, a pesar de representar un caso de éxito respecto de la adecuada "gestión de residuos" de las almazaras, presenta debilidades estructurales relativas al procesado de una mayor y más estacional producción de alperujo. En efecto, según Vilar (2020) existe un serio riesgo de ruptura del ciclo que impediría la gestión completa del alperujo, produciéndose así importantes perjuicios económicos a las almazaras. Por ello, es necesario y urgente encontrar alternativas de uso del alperujo para reducir la presión sobre la industria extractora y, si fuese posible, incrementar el valor añadido obtenido de su valorización (i.e. "aprovechar la oportunidad" de extraer un mayor valor añadido de estos). Por ejemplo, Penco (2020) sugiere incrementar el compostaje del alperujo, señalando que si se compostara todo el alperujo fresco español se absorberían hasta un 12.5% de las emisiones derivadas de la agricultura. Este proceso no implica requerimientos tecnológicos excesivos y es viable económicamente (Pérez-García, 2017), representando así una alternativa cuyo fomento podría ser recomendable -especialmente en una coyuntura como la actual de precios altos de los insumos agrarios (p. ej., fertilizantes) y considerando las reducidas necesidades energéticas del proceso. Sin embargo, existen limitaciones importantes a la hora de emplear esta alternativa de valorización, particularmente relacionadas con las importantes necesidades de

espacio que requieren las pilas de compost, las molestias causadas a la población circundante (p. ej., en forma de olores) y la reticencia por parte de muchos agricultores a emplear este producto como complemento al abonado. Asimismo, es presumible que a través de esta alternativa se pueda estar desaprovechando el potencial de extraer valor añadido del alperujo. En este sentido, existen mejoras que se pueden plantear para salvar estas limitaciones, como por ejemplo el uso de reactores cerrados estáticos, que además de producir fertilizantes orgánicos sin ocasionar olores producen biocombustibles y anhidrido carbónico que pueden ser empleados en la producción de energía y en la industria agroalimentaria. Existen experiencias piloto en Italia (Sicilia) que muestran la rentabilidad de estas instalaciones; sin embargo, son necesarios estudios económicos de esta tipología de aprovechamiento basada en el compostaje, ya que necesitan elevadas inversiones iniciales.

Existen otras alternativas de valorización del alperujo disponibles sin excesivos requerimientos tecnológicos y/o de capital. Entre ellas destaca destinar este recurso biomásico para la alimentación del ganado. Numerosos estudios demuestran que la utilización de alperujo para alimentación animal es una opción técnica y económicamente viable (Nasopoulou y Zabetakis, 2013; Molina-Alcaide et al., 2010; de Oliveira et al., 2021). Estos estudios evidencian que el alperujo puede ser útil como complemento alimenticio (en fracciones del 5 al 20%) en la dieta del ganado, afectando positivamente a varios parámetros relacionados con el bienestar animal y las características nutricionales y organolépticas de los productos generados (carne, huevos o leche). Sin embargo, no se han encontrado estudios socioeconómicos que investiguen la disposición de los ganaderos a incorporar alperujo en la dieta animal y la demanda potencial por parte de este sector. Asimismo, son necesarios estudios que analicen las preferencias de los consumidores por las características diferenciales de los productos cárnicos y lácteos generados.

Aparte de los aprovechamientos agrarios comentados, caracterizados por el consumo final de grandes volúmenes de productos obtenidos del alperujo y un moderado valor añadido, existen otras alternativas que también cumplen con estas características. Tal es el caso de aprovechamientos energéticos más avanzados, que implican la producción de biocarburantes y que a la vez se corresponden con unos más elevados requerimientos tecnológicos. Un ejemplo claro de ello es la gasificación de alperujo, que permite producir syngas y otros subproductos (especialmente biochar) (La Cal, 2020). En una coyuntura como la actual, de precios elevados de la energía, este tipo de aprovechamientos energéticos más avanzados pueden suponer una alternativa atractiva, especialmente en el caso de almazaras localizadas a larga distancia de las plantas de valorización.

Al contrario de los aprovechamientos anteriores, existen alternativas de valorización en las que se elaboran productos en un volumen mucho más reducido pero que presentan un elevado valor añadido. Dentro de estos se incluyen especialmente compuestos bioactivos útiles para la industria alimentaria (para mejorar propiedades nutracéuticas), farmacéutica y cosmética (Roselló-Soto et al., 2015). Por ejemplo, respecto del uso nutracéutico, estos compuestos pueden servir como aditivos para una gran variedad de alimentos (pasta, pan, galletas, yogures, etc.),

mejorando notablemente sus propiedades desde el punto de vista de la salud (Difonzo et al., 2021). La adición de estos compuestos puede mejorar la conservación de los alimentos, habida cuenta de las capacidades antioxidativas que caracterizan a aquellos. Asimismo, cabe apuntar que existen propuestas de biorrefinerías integradas, donde se extraerían compuestos bioactivos (incl. antioxidantes, oligosacáridos, compuestos aromáticos, ácido láctico y nanocristales de celulosa) a partir de alperujo combinando una variedad de soluciones tecnológicas y empleando un enfoque en cascada (Gullón et al., 2020).

En un escalón intermedio entre los aprovechamientos energético/agrario y los de alto valor añadido (nutracéutica, farmacéutica y cosmética), se encuentran aprovechamientos con valor añadido apreciable y cuya producción es también notable en términos volumétricos. Aquí se encontraría la producción de biomateriales (p. ej., bioplásticos) que pueden presentar aplicaciones en la construcción o el envase y embalaje de productos, entre otros. Sin embargo, tanto en este como en caso anterior de compuestos bioactivos, no se han encontrado estudios socioeconómicos que determinen el mercado potencial de estos productos o y la disposición a pagar marginal de los consumidores por ellos.

Conviene apuntar que los aprovechamientos citados arriba se refieren prácticamente en exclusiva a la valorización de alperujo, de manera que el espectro de valorización se amplía en el caso de considerar el resto de subproductos de la industria oleícola, i.e. orujillo, hojín y hueso.

3. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Existe un notable margen de mejora en la valorización de los subproductos de la industria oleícola, donde imperan aprovechamientos de reducido valor añadido (como son especialmente aprovechamientos energéticos de bajo valor -p. ej. combustión de recursos biomásicos para generación de energía eléctrica, en condiciones normales de mercado). No obstante, se observa una creciente proliferación de iniciativas centradas en aprovechamientos con mayor valor añadido (p. ej., en forma de insumos apreciados en la industria cosmética, farmacéutica y nutracéutica, productos energéticos de mayor valor, etc.). En algunos casos, estas iniciativas innovadoras se están alineando con las nuevas tendencias en la valorización de subproductos biomásicos, especialmente la adopción de procesos de valorización en cascada, empleando diversas tecnologías y sistemas productivos para la optimización del valor añadido extraído de estos subproductos, la diversificación de productos inter- e intra-ámbito de aprovechamiento, y el desarrollo de nuevas sinergias empresariales.

Sin embargo, en el plano sectorial, entre los retos para la expansión de la BEC en el sector del olivar destacan hacer frente a la aversión a la adopción de innovaciones por parte de una proporción importante del tejido empresarial olivarero, la adaptación institucional para maximizar el desarrollo

empresarial o la simplificación burocrática y normativa por parte de las administraciones públicas. Estos retos no son exclusivos del sector olivarero (Borrego-Marín et al., 2021) pero, dada la trascendencia de este en ciertas regiones (p. ej., Andalucía), parece recomendable implementar una gobernanza regional que aplique una perspectiva sectorial que permita superarlos de una manera más eficiente. En el plano científico, se evidencia la necesidad de conocimiento respecto del escalado de las soluciones tecnológicas que se proponen a nivel de laboratorio/planta piloto y, sobre todo, de las diferentes dimensiones del análisis económico, entre las que destacan análisis de costes y beneficios privados y públicos, difusión de innovaciones, análisis de mercado y de preferencias de los consumidores, optimización de variables estructurales -p. ej., dimensión y localización de biorrefinerías-, análisis de política de fomento de la bioeconomía circular, entre otros. En la medida que se resuelvan estas cuestiones, se podrá avanzar en una mejor valorización de los subproductos oleícolas y, en definitiva, en una mejora de la rentabilidad de las explotaciones de olivar y del desarrollo económico de la regiones donde estas son predominantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Berbel, J., Posadillo, A. (2018). Review and analysis of alternatives for the valorisation of agro-industrial olive oil by-products. Sustainability, 10(1), 237. doi: https://doi.org/10.3390/su10010237.

Berbel, J., Delgado-Derrano, M.M. (2017). La economía y la bioeconomía en el sector del olivar y del aceite. En J. A. Gómez-Limón & M. Parras Rosa (Eds.), Economía y comercialización de los aceites de oliva. Factores y perspectivas para el liderazgo español del mercado global. (pp. 397-412). Almería: Cajamar.

Borrego-Marín, M.A., Gómez-Limón, J.A., Berbel, J., Villanueva, A.J. (2021). Factores habilitantes y limitantes para el desarrollo empresarial de la bioeconomía circular. Análisis empírico para el caso de Andalucía. C3-Bioeconomy, 2, 19-36. DOI: 10.21071/c3b.vi2.13468de Oliveira, C.O., Roll, A.A.P., Medeiros Gonçalves, F.M., Lopes, D.C.N., Xavier, E.G. (2021). Olive pomace for the feeding of commercial poultry: effects on performance, meat and eggs quality, haematological parameters, microbiota and immunity, World's Poultry Science Journal, 77:2, 363-376.

Difonzo, G., Troilo, M., Squeo, G., Pasqualone, A., Caponio, F. (2021). Functional compounds from olive pomace to obtain high-added value foods – a review. Journal of the Science of Food and Agriculture 101, 15-26. http://doi.org/10.1002/jsfa.10478.

Guerrero-Casado, J., Carpio, A. J., Tortosa, F. S., y Villanueva, A. J. (2021). Environmental challenges of intensive woody crops: The case of super high-density olive groves. Science of The Total Environment, 798, 149212. doi: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149212.

Gullón, P., Gullón, B., Astray, G., Carpena, M., Fraga-Corral, M., Prieto, M.A., Simal-Gandara, J. (2020). Valorization of by-products from olive oil industry and added-value applications for

innovative functional foods. Food Research International 137, 109683. http://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109683.

La Cal, J.A. (2020). Estrategias para la transformación de las industrias del sector oleícola (almazaras y extractoras de aceite de orujo) en bioindustrias. Diputación Provincial de Jaén, Jaén.

Molina-Alcaide, E., Morales-García, E.Y., Martín-García, A.I., Ben Salem, H., Nefzaoui, A. et al. (2010). Effects of partial replacement of concentrate with feed blocks on nutrient utilization, microbial N flow, and milk yield and composition in goats. Journal of Dairy Science (93, 5); pp. 2076-2087.

Nasopoulou, C., Zabetakis, I. (2013). Agricultural and aquacultural potential of olive pomace a review. Journal of Agricultural Science (5, 7); pp. 116-127.

Penco, J.M. (2020). Compostaje de Alperujo. Aspectos técnicos, económicos y ambientales. AEMO-Asociación Española de Municipios del Olivo. Disponible en: https://www.aemo.es/slides/slide/1a-charla-compostaje-de-alperujo-proyecto-life-regrow-252/download

Pérez-García, P.J. (2017). Viabilidad técnico-económica de la creación de una planta de compostaje de alpeorujo y caracterización del proceso de producción del compost de alpeorujo de la provincia de Jaén. Universidad de Jaén. Disponible en: https://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/6150/1/TFM%20PEDRO%20JAVIER%20PEREZ%20GARCIA.pdf

Polonio, D., Villanueva, A. J. y Goméz-Limón, J. (2022). Cuantificación de los recursos biomásicos del sector oleícola en Andalucía: una aproximación actualizada. C3- Bioeconomy. Circular and Sustainable Bioeconomy. En prensa.

Roselló-Soto, E., Koubaa, M., Moubarik, A., Lopes, R., Saraiva, J.A., Boussetta, N., Grimi, N., Barba, F. (2015). Emerging opportunities for the effective valorization of wastes and by-products generated during olive oil production process: Non-conventional methods for the recovery of high-added value compounds. Trends in Food Science & Technology 45, 296-310. http://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.07.003.

Vilar, J., (2020). El sector de procesado del alpeorujo. Posibilidades de un potencial colapso financiero y operativo. Disponible en : https://www.aneorujo.es/documentacion/

¿CUÁNTO CONTRIBUYEN LAS ESTRUCTURAS PERMANENTES DEL OLIVO A LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO?

Milagros Torrús Castillo[1*], Julio Calero González[2], Roberto García Ruiz[1]
[1] Departamento de Biología Animal, Biología Vegetal y Ecología, Universidad de Jaén, Campus Las Lagunillas, s/n, 23071 Jaén
[2] Departamento de Geología, Universidad de Jaén, Campus Las Lagunillas, s/n, 23071 Jaén
*Milagros Torrús Castillo: mtorrus@ujaen.es

RESUMEN: El cultivo del olivo puede contribuir a la mitigación del cambio climático a través de distintas vías de fijación de CO_2 atmosférico, destacando aquel que es tomado de la atmósfera y que se fija anualmente como carbono orgánico en las estructuras permanentes (tronco, ramas primarias, secundarias y restantes, y las raíces) de los olivos. En este estudio se estimó la tasa anual de acumulación de carbono orgánico en las estructuras permanentes de árboles de 24 fincas de olivar con distintos marcos de plantación y distintas edades. En 5-7 árboles de cada finca se midió el biovolumen de las distintas secciones (ramas < 2 cm), posteriormente se aplicó la ecuación de cono truncado. La biomasa aérea del olivo se obtuvo multiplicando el biovolumen por la densidad de la madera, mientras que para estimar la biomasa radicular se utilizó una razón biomasa aérea/biomasa radicular de 4.2. A partir de la biomasa total del árbol y el contenido de carbono orgánico de distintas partes del olivo, se obtuvo el carbono orgánico acumulado en el árbol y a partir de su edad, la tasa promedio anual de acumulación de carbono orgánico. Para el conjunto de parcelas, la biomasa total (aérea y radicular) promedió en 50.61 ± 5.86 t/ha, con una cantidad de carbono orgánico de 21.19 ± 2.45 t C/ha. La tasa anual de acumulación de carbono fue de 0.48 ± 0.12 t C/ha año o 1.75 t CO_2. Para las 2.413.021 hectáreas de olivar de España, anualmente se fijan 1.15 Mt C o 4.23 Mt CO_2 anuales. Por lo tanto, las estructuras permanentes del olivar pueden jugar un papel relevante en la mitigación del cambio climático.

PALABRAS CLAVE: Olivar, Huella de Carbono, Biovolumen, Carbono orgánico, CO_2

ABSTRACT: Olive cultivation can contribute to climate change mitigation through different ways of fixing atmospheric CO_2, highlighting that which is taken from the atmosphere and fixed annually as organic carbon in the permanent structures (trunk, primary, secondary and remaining branches, and roots) of olive trees. In this study, the annual rate of organic carbon accumulation in the permanent structures of trees from 24 olive orchards with different planting frames and different ages was estimated. In 5-7 trees of each farm, the biovolume of the different sections (branches < 2 cm) was measured, then the truncated cone equation was applied. The aerial biomass of the olive tree was obtained by multiplying the biovolume by the wood density, while an aerial biomass/root biomass ratio of 4.2 was used to estimate root biomass. From the total biomass of the tree and the organic carbon content of different parts of the olive tree, the organic carbon accumulated in the tree was obtained, and from its age, the average annual rate of organic carbon

accumulation. For the set of plots, the total biomass (aerial and root) averaged 50.61 ± 5.86 t/ha, with an amount of organic carbon of 21.19 ± 2.45 t C/ha. The annual rate of carbon accumulation was 0.48 ± 0.12 t C/ha year or 1.75 t CO_2. For the 2.413.021 hectares of olive groves in Spain, 1.15 Mt C or 4.23 Mt CO_2 per year is fixed annually. Therefore, permanent olive grove structures can play a relevant role in climate change mitigation.

KEYWORDS: Olive grove, Carbon Footprint, Biovolume, Organic carbon, CO_2

1. INTRODUCCIÓN

El olivar es uno de los cultivos leñosos más ampliamente distribuidos en las regiones con clima Mediterráneo, siendo España responsable del 60 % de la producción mundial de aceite de oliva (COI, 2019). En Andalucía, el olivar juega un papel socio-económico, cultural y ambiental de gran importancia, debido a la gran superficie dedicada a este cultivo y al elevado número de olivareros y empresas implicadas desde la producción de aceitunas hasta su transformación en aceite de oliva. Algunos estudios apuntan que el cultivo del olivo puede contribuir a la mitigación del cambio climático a través de distintas vías de fijación de CO_2 atmosférico, una de ellas a través de su acumulación en forma de carbono orgánico en sus estructuras permanentes (Proietti et al., 2014). Además, la distribución regular de los olivos, permite la implementación de prácticas de manejo, tales como la presencia de cubierta vegetal espontánea o sembrada, orientadas a una mayor acumulación y secuestro de carbono orgánico en el suelo (Almagro et al., 2014; Chamizo et al., 2017). Por otro lado, si el material de poda generado se tritura y se esparce en el mismo, supondrá una entrada de carbono al suelo (Sofo et al., 2005). También, el olivar presenta mayor biomasa de raíces y mayor grado de lignificación en comparación a las que desarrollan los cultivos anuales, que puede hacer que el carbono orgánico en las mismas permanezca más tiempo en el suelo (Sofo et al., 2005). Teniendo en cuenta que el olivar juega un papel importante debido a la gran extensión de superficie dedicada a este cultivo y al número tan elevado de empresas implicadas en la cadena de producción del aceite de oliva, incluyendo el uso de sus subproductos y residuos, y sin olvidar que el efecto invernadero se está viendo cada vez más acentuado por la emisión de gases de efecto invernadero, siendo el CO_2 el gas con mayor repercusión desde la era preindustrial hasta nuestros días (Friedlingstein et al., 2020). Es necesario el desarrollo de metodologías como puede ser la huella de carbono que permitan identificar, sintetizar y comunicar el potencial de mitigación de emisión de gases de efecto invernadero tanto en las fases de campo como en las industriales, en el ámbito del olivar (Proietti et al., 2014, 2017; Taxidis et al., 2015). El desarrollo de este tipo de metodologías es de actualidad y permitiría al sector estar preparado ante un escenario de descarbonización de la economía, proporcionando al aceite de oliva un valor añadido. Un aspecto importante a tener en cuenta cuando se lleva a cabo el cálculo de la huella de carbono, es considerar el CO_2 de la atmósfera tomado anualmente por el olivo, y que se acumula como carbono orgánico en las estructuras permanentes (tronco, ramas primarias, secundarias y restantes, y las raíces) de los olivos porque este permanece en la finca durante un número significativo de años.

1. MATERIAL Y MÉTODOS

En este estudio se estimó la biomasa y la tasa anual de acumulación de carbono orgánico en las estructuras permanentes de árboles de 24 fincas de olivar con distintos marcos de plantación, con riego y en secano, de distintas edades y variedades, con distintos números de pies (1-4) en ecológico o en producción integrada o convencional. Para la determinación del biovolumen se midió entre 5-7 olivos al azar en varias parcelas, con ayuda de una cinta métrica y forcípula. De esta forma se midió el diámetro de la base y final del tronco, así como la longitud de las distintas secciones del olivo, exceptuando aquellas ramas inferiores a 2 cm. Además de medir el biovolumen, se recogieron ramas de los distintos estratos como del tronco de los olivos para estimar la densidad de la madera. La estimación del volumen de los olivos se llevó a cabo a partir de la ecuación de cono truncado (Velázquez-Martí et al., 2014), y la suma de todos los volúmenes de las distintas secciones fue el volumen real de la rama. La biomasa seca aérea del olivo se obtuvo multiplicando el volumen por la densidad seca de la madera, mientras que para estimar la biomasa radicular se utilizó una razón biomasa aérea/biomasa radicular de 4.2 (López-Bellido et al., 2016). Conocida la biomasa aérea y radicular se obtuvo la biomasa total del olivo, aplicando un factor corrector expansivo de 1.13 que compensaba la biomasa del dosel no medida en el estrato 3 (hojas y pequeñas ramitas inferiores a 2 cm) (Illarioni et al., 2013). A partir de la biomasa seca total del árbol (kg / árbol) y el contenido de carbono orgánico de distintas partes del olivo (kg C/ kg biomasa seca), estimado mediante analizador CNH, se obtuvo el carbono orgánico total (kg C/ árbol) acumulado en el árbol y a partir de su edad, la tasa promedio anual de acumulación de carbono orgánico (kg C/ árbol año).

2. RESULTADOS

Para el conjunto de parcelas, la biomasa total (aérea y radicular) promedió en 460.77 kg/árbol, siendo la tasa anual de acumulación de 3.79 kg/árbol. En términos de hectárea, la biomasa total (aérea y radicular) promedió 50.61 ± 5.86 t/ha, con una cantidad de carbono orgánico de 21.19 ± 2.45 t C/ha. La tasa anual de acumulación de carbono fue de 0.48 ± 0.12 t C/ha año o 1.75 t CO_2.

No hubo diferencias significativas en la biomasa aérea ni en la radicular, así como en la tasa de acumulación de carbono por hectárea, cuando se comparaban distintos marcos de plantación (tradicional, intensivo, semi-intensivo y superintensivo), tipo de manejo (sostenibles frente a convencionales) o fincas de riego – secano ($p > 0.050$. En cuanto a las categorías de edad (viejo y joven) y número de pies (uno, tres y mixto; principalmente aquellas parcelas con olivos de uno y tres pies), hubo diferencias significativas en la biomasa aérea y radicular, como es lógico, pero no en la tasa de acumulación de carbono. Cuando se consideró la variedad, no hubo diferencias significativas en la biomasa aérea y radicular entre olivos, pero sí en la tasa anual de acumulación de carbono, siendo mayor en la variedad hojiblanca respecto a aquella obtenida para la variedad picual (0.62 y 0.34 t C / ha año, respectivamente, $p < 0.050$).

En el estudio se procedió a analizar la relación lineal que existía entre las distintas variables y la edad del árbol. Destacó aquellas en la que se relacionaban la biomasa total; biomasa aérea y radicular (kg/árbol), así como la cantidad de carbono orgánico existente en la misma, respecto a la edad ($R^2 = 0.614$).

La cantidad promedio de carbono orgánico acumulada en las estructuras permanentes del olivar en el conjunto de parcelas con manejo sostenible fue de 20.52 t C/ha (± 3.39), mientras que en las parcelas convencionales este valor promedió 21.85 (± 3.68) t C/ha. Estas diferencias no fueron significativas ($p > 0.050$). En términos de CO_2 equivalente, el valor promedio en las parcelas más sostenibles fue 75.11 ± 12.42 ton C-CO_2/ha, mientras que en las convencionales 79.98 ± 13.45 ton C-CO_2/ha, y que equivalen al precio monetario actual de CO_2 en el mercado de CO_2 a 6540.58 euros y 6964.57 euros, respectivamente. La inexistencia de diferencias significativas era previsible, dada la dispersión generada como consecuencia de los múltiples factores que intervienen en la acumulación de C en el olivo, a pesar de que hubo una tendencia general de valores más bajos de biomasa total y cantidad de carbono bajo manejos sostenibles.

3. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos tienen implicaciones interesantes desde el punto de vista de la valoración de los sistemas de plantación, en relación a la huella de carbono. Por ejemplo, nuestros datos indican que una plantación joven en intensivo o superintensivo podría mostrar cantidades de biomasa en una hectárea similares a plantaciones tradicionales de mayor edad, y por consiguiente, similares tasas anuales de acumulación de carbono. A nivel general, por tanto, el tipo de sistema de olivar no implica necesariamente, una mayor o menor capacidad de secuestro de carbono en el dosel arbóreo. Otros autores (López-Bellido et al., 2016; Mairech et al., 2020) encuentran diferencias significativas en cantidades de C por hectárea en función del marco de plantación y de la variedad, pero no tienen en cuenta el factor edad, que es decisivo.

Por otro lado, aunque la tendencia fue de valores menores en la biomasa total y tasa anual de acumulación de carbono bajo el manejo sostenible, la inexistencia de diferencias significativas entre manejos, permite sugerir que en este último no se produce una menor tasa anual de acumulación de biomasa y carbono respecto al convencional. Dentro de las categorías riego-secano, no hubo diferencias significativas, probablemente debido al número pequeño de fincas analizadas en riego y a la relativamente variabilidad intra-finca. Sin embargo, hubo una tendencia clara a mayor tasa anual de acumulación de carbono en el conjunto de parcelas con riego respecto a aquellas de secano. Este resultado es coherente con los encontrados en López-Bellido et al., (2017).

El hecho de que no hubiese diferencias significativas en la tasa anual de acumulación de carbono en fincas con distintos números de pies, fue debido a que en las parcelas de olivos con un solo pie estos eran más jóvenes, y en una hectárea el número de olivos de un pie era mayor en comparación

a aquellas parcelas donde los olivos eran de tres pies. En relación a la categoría edad, aunque hubo mucha más biomasa en los olivares viejos, la tasa anual de acumulación de carbono no fue significativamente distinta, debido a que el número de olivos viejos en una hectárea fue inferior a aquellas fincas de olivar con árboles más jóvenes, y que además suelen ser de un pie.

Cuando se consideró la categoría variedad, no hubo diferencias significativas en la biomasa aérea y radicular entre olivos de variedad picual y hojiblanca, pero sí en la tasa anual de acumulación de carbono. Esto puede deberse a una contribución de otros factores distintos a la variedad, ya que las fincas de olivar seleccionadas con la variedad hojiblanca mostraron mayor densidad de árboles que, además, eran más jóvenes (la media de edad para plantaciones de hojiblanca era de 32 años con 197 árboles / ha, mientras que para picual 75 años y 109 árboles / ha, respectivamente).

Pese a que el R^2 resultante de relacionar la biomasa total; biomasa aérea y radicular (kg/árbol), así como la cantidad de carbono orgánico existente en la misma, respecto a la edad (0.614) no fuese próximo a un valor de uno, este nos permitía sugerir que cuanto mayor era la edad de los olivos, mayor era la biomasa total en los mismos, así como la cantidad de carbono orgánico acumulada en estas estructuras permanentes. Estos resultados se encontraban en consonancia con los obtenidos; hubo diferencias significativas en la biomasa total y en la cantidad de carbono orgánico para la categoría edad.

4. CONCLUSIONES

En resumen, es de gran importancia estimar el carbono que se secuestra en las estructuras permanentes del olivar por su contribución en la reducción de CO_2 de la atmósfera y, por consiguiente, como solución frente al cambio climático. Si se consideran las 2.413.021 hectáreas de olivar de España cuyo destino va a la almazara (MAPAMA, 2018), anualmente se fijan, en promedio, 1.15 Mt C o 4.23 Mt CO_2 anuales. Por lo tanto, este estudio pone de manifiesto que las estructuras permanentes del olivar pueden jugar un papel relevante en la mitigación del cambio climático, y, por tanto, cualquier metodología que se lleve a cabo para evaluar distintas estrategias de mitigación debe tener en cuenta esta vía de fijación de CO_2. Por otro lado, para cumplir con el compromiso de reducción de CO_2 en el 2030 (MITECO) (al menos, un 55 % menos de emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con 1990, lo que supondría un máximo de 130 Mt CO_2 anuales en 2030), y teniendo en cuenta que en 2021 se emitieron 282 Mt de CO_2 según el informe de OTEA, se deberían reducir 17 Mt anuales de manera acumulativa, contribuyendo las estructuras permanentes del olivar al 2.8 % de este compromiso.

5. BIBLIOGRAFÍA

Almagro, M., Martínez-Mena, M. (2014). Litter decomposition rates of green manure as affected by soil erosion, transport and deposition processes, and the implications for the soil carbon balance of a rainfed olive grove under a dry Mediterranean climate. Agric. Ecosyst. Environ. 196, 167–177. https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2014.06

Chamizo, S., Serrano-Ortiz, P., López-Ballesteros, A., Sánchez-Cañete, E.P., Vicente-Vicente, J.L., Kowalski, A.S. (2017). Net ecosystem CO2 exchange in an irrigated olive orchard of SE Spain: influence of weed cover. Agric. Ecosyst. Environ. 239, 51–64. https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.01.016

COI, Consejo Oleícola Internacional. (2019). Áreas de actividad – Economía. Disponible: http://www.internationaloliveoil.org/estaticos/view/131-world-olive-oil-figures%3Flang=es_ES (accedido 25/09/2019).

Friedlingstein, P., O'Sullivan, M., Jones, W., Andrew, R., Hauck, J., Olsen, A., Peters, G.P., et al. (2020). Global Carbon Budget 2020. Earth Syst. Sci. Data 12, 3269 – 3340. https://doi.org/10.5194/essd-12-3269-2020, 2020.

Ilarioni, L., Nasini, L., Brunori, A., & Proietti, P., (2013). Experimental measurement of the biomass of Olea europaea. L. Afr. J. Biotechnol. 12 (11), 1216-1222. https://doi.org/ 10.5897/AJB12.2682

López-Bellido Garrido, P. J. (2017). Balance y huella de carbono en plantaciones de olivar en el sur de España. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba.

López-Bellido, P.J., Lopez-Bellido, L. Fernandez-Garcia, P., Muñoz-Romero, V., López-Bellido, F-J. (2016). Carbon management, 7: 3.

Mairech, H., López-Bernal, Á., Moriondo, M., Dibari, C., Regni, L., Proietti, P., Villalobos, F. J., & Testi, L. (2020). Is new olive farming sustainable? A spatial comparison of productive and environmental performances between traditional and new olive orchards with the model OliveCan. Agricultural Systems, 181 (August 2019), 102816. https://doi.org/ 10.1016/j.agsy.2020.102816

MAPAMA, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 2018. Superficies y producciones anuales de cultivos. Estadísticas agrarias y alimentación. OLIVAR: Resumen nacional de la superficie, 2018. https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/2019/default.aspx?parte=3&capitulo=07&grupo=12&seccion=1 (Accedido: 25/03/2022)

MITECO. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/objetivos.aspx (Accedido: 25/03/2022)

Proietti, S., Sdringola, P., Desideri, U., Zepparelli, F., Brunori, A., Ilarioni, L., Nasini, L., Regni, L., & Proietti, P. (2014). Carbon footprint of an olive tree grove. Applied Energy, 127, 115–124. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.04.019

Proietti, S., Sdringola, P., Regni, L., Evangelisti, N., Brunori, A., Ilarioni, L., Nasini, L., & Proietti, P. (2017). Extra Virgin Olive oil as carbon negative product: Experimental analysis and validation of results. Journal of Cleaner Production, 166, 550–562. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.230

Sofo, A., Nuzzo, V., Palese, A.M., Xiloyannis, C., Celano, G., Zukowskyj, P., Dichio, B. (2005). Net CO_2 storage in mediterranean olive and peach orchard. Scientia Horticulturae 1007, 17 – 24.

Taxidis, E., Menexes, G.C., Mamolos; A.P., Tsatsarelis, C.A., Anagnostopoulos, C.D., Kalburtji, K.L. (2015). Comparing organic and conventional olive groves relative to energy use and greenhouse gas emissions asociated with the cultivation varieties. Applied Energy 149, 117 – 124. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.03.128

Velázquez-Martí, B., Cortés, I. L., & Salazar-Hernández, D. M. (2014). Dendrometric analysis of olive trees for wood biomass quantification in Mediterranean orchards. Agroforestry Systems, 88(5), 755–765. https://doi.org/ 10.1007/s10457-014-9718-1

LOS PAISAJES DE OLIVAR EN ANDALUCÍA COMO PALANCA DE DESARROLLO RURAL

Sánchez Martínez, José Domingo. Universidad de Jaén jdsanche@ujaen.es
Garrido Almonacid, Antonio. Universidad de Jaén agarrido@ujaen.es

RESUMEN: Se presenta la estrategia desarrollada al objeto de incluir a los paisajes olivareros andaluces en la Lista del Patrimonio Mundial de UNESCO. Su contenido se fundamenta en la participación directa de los autores en la redacción y sucesivas revisiones del expediente de la candidatura, que es fruto de una extensa labor de documentación, consulta de expertos y trabajo de campo. Entre los resultados se presentan las bases del plan de protección y gestión del sitio. En relación a la gestión, que está planteada en términos de programa de desarrollo rural, se discuten sus posibilidades para facilitar la generación de interacciones virtuosas entre el patrimonio, el territorio y el alimento obtenido en los olivares tradicionales sobre los que se sustenta la propuesta.

PALABRAS CLAVE: Aceite de oliva, Desarrollo rural, Olivar tradicional, Paisaje Cultural, Patrimonio agrario.

ABSTRACT: The strategy developed in order to include the Andalusian olive-growing landscapes in the UNESCO World Heritage List is analyzed. Its content is based on the direct participation of the authors in the drafting and successive revisions of the nomination dossier, which is the result of extensive documentation work, expert consultation and field work. The results include the basis for the protection and management plan. In relation to the management, which is proposed in terms of a rural development program, the possibilities for facilitating the generation of virtuous interactions between the heritage, the territory and the food obtained in the traditional olive groves on which the proposal is based are discussed.

KEY WORDS: Olive oil, Rural development, Traditional olive groves, Cultural landscape, Agricultural heritage.

1. INTRODUCCIÓN

Son numerosas las clasificaciones estadísticas y cartográficas que muestran la diversidad productiva del olivar andaluz (Sánchez Martínez y Garrido Almonacid, 2018). Los aspectos históricos, culturales, paisajísticos y patrimoniales, por su parte, han ido ganado peso en los últimos años, tanto en el ámbito académico como en el de las administraciones públicas. Un paso importante en este sentido es el objetivo establecido en la Ley del Olivar de Andalucía (2011) para "conservar y valorizar el paisaje y el patrimonio histórico y cultural del olivar y sus productos". En sintonía con la Estrategia de Paisaje de Andalucía, de ese mismo año, el paisaje se considera en el Plan Director que desarrolla la Ley del Olivar como una externalidad positiva que se debe

traducir en un activo para la competitividad regional y el desarrollo sostenible (Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2015). Las diferentes actuaciones contempladas en dicho plan cabe entenderlas como una oportunidad para incorporar atributos diferenciales que añadan valor a los productos obtenidos en olivares tradicionales.

A nivel internacional, la atención al patrimonio surgido de las actividades agrarias se apoya en el Programa de Sistemas Ingeniosos del Patrimonio Agrícola Mundial (FAO) y la Lista de Patrimonio Mundial (UNESCO). En este trabajo se analiza el intento que se está desarrollando en Andalucía para incluir a sus paisajes olivareros, como Paisaje Cultural, en este último listado; reparando especialmente en las posibilidades que podría tener para el desarrollo rural de los territorios especializados en este cultivo.

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El concepto de paisaje cultural agrario nos traslada a territorios donde la interacción hombre-medio resulta armoniosa y se acompaña de valores y atributos patrimoniales extraordinarios que aconsejan su protección. Inicialmente concebidos para satisfacer necesidades alimentarias, la actual sensibilidad estética y ambiental los convierten en herencias de gran aprecio por el contraste con agrosistemas de factura industrial. Se reconoce, de esta manera, la acumulación de esfuerzo y saber, su continuidad y el equilibrio económico y social, natural y cultural. La antigüedad, permanencia y continuidad es un buen indicador de este tipo de paisajes excepcionales, y la finalidad genérica de su protección sería evitar los cambios bruscos adversos que impliquen su desarticulación y, con ello, el de las comunidades que los sustentan y el patrimonio tangible e intangible que han generado (ICOMOS-FLA, 2017).

El olivar y el aceite de oliva son consustanciales a la historia y la identidad del Mediterráneo. El olivo es un símbolo universal. Solo hay que recordar que la rama de olivo forma parte del emblema de Naciones Unidas y que la UNESCO ha instaurado la celebración anual del día mundial del olivo para extender el aprecio y la protección que merece como alegoría de la sabiduría, la paz, la victoria o la salud. En Andalucía, en su estado silvestre y como árbol frutal tiene una historia muy dilatada, pero la aparición de plantaciones especializadas se origina en el Imperio Romano. Desde entonces, su superficie y localización ha ido variando, pero en todas las etapas históricas se han producido manifestaciones culturales, tecnológicas y agronómicas que han culminado en la presencia de un patrimonio excepcional.

La propuesta de inscripción en la Lista de Patrimonio Mundial de *Los paisajes del olivar en Andalucía, historia milenaria de un mar de olivos,* se concreta en una serie formada por 21 componentes distribuidos en 10 ámbitos (poco más de treinta mil hectáreas), que permiten completar un recorrido histórico del paisaje del olivar andaluz, que va desde olivares vetustos y monumentales que recogen la técnica del injerto para hacer olivos de los acebuches, a espacios

vinculados a la industria alfarera de época romana, paisajes con el influjo de la época medieval islámica, etapas florecientes en las haciendas monumentales especializadas en el comercio americano, la expansión ligada a la Ilustración, los primeros ensayos de intensificación previos a la revolución industrial y, como detonante de la actual especialización, el tránsito de la sociedad estamental a la burguesa. En todos los casos se trata de olivares que podemos calificar de tradicionales y antiguos (Fernández Ruiz, 2021).

El elemento clave para asegurar que la combinación de patrimonio y desarrollo resulta armoniosa es el plan de protección y gestión que contiene. Las líneas de actuación que se han incorporado son seis: protección, conservación y puesta en valor del paisaje del olivar; conocimiento, interpretación y gestión de visitantes; desarrollo socioeconómico: turismo y desarrollo rural; investigación, innovación y formación; gestión sostenible del paisaje del olivar; y finalmente, participación ciudadana.

En el expediente se trata de primar la coordinación de recursos ya existentes, pero se es consciente de la necesidad de incorporar otros para la consecución de todos los objetivos previstos. De esta manera, el plan es una de combinación de hechos e intenciones, cuya efectividad irá reflejando el compromiso que en cada momento adquieren los agentes implicados. En ese sentido, la coordinación institucional es un elemento crítico, pues se trata nada menos que de alcanzar una confluencia entre la protección del patrimonio agrícola, la ordenación territorial y el desarrollo rural (García Álvarez-Coque & Bigné, 2020).

Los impulsores de la candidatura (en particular las administraciones públicas más involucradas) asumen un compromiso y unas responsabilidades importantes, en términos de liderazgo y disposición de recursos. Para UNESCO lo decisivo es que queden perfectamente demostrados el Valor Universal Excepcional, la integridad, autenticidad, antecedentes y compromiso con la protección y gestión del bien. Considerando la posibilidad de que la iniciativa resulte exitosa, las organizaciones públicas y privadas implicadas en el proceso verán recompensada su labor, mejorarán la visibilidad y valores asociados a los territorios de especialización olivarera. Por consiguiente, el reconocimiento permite entroncar con los propósitos del desarrollo rural (Cejudo García, Cañete Pérez & Castillo Ruiz, 2019; Molinero Hernando, 2017), redirigiendo la comprensión de sus complejidades desde lo sectorial hasta lo territorial, desde el productivismo hacia el postproductivismo, desde la insostenibilidad a la sostenibilidad. En definitiva, debería ser una gran oportunidad basada en las propias fortalezas del territorio olivarero andaluz.

El círculo virtuoso potencial del reconocimiento patrimonial en el Paisaje cultural del olivar en Andalucía se puede esbozar en los siguientes aspectos:

- Profundización de la diversificación concéntrica a través del óleo-turismo y el óleo-excursionismo.

- Aumento de las ventas de aceites cualificados y diferenciados, en gran medida a través de ventas directas y circuitos cortos de distribución.
- Mayor sensibilización entre los productores de la importancia de una correcta gestión de los recursos naturales y culturales implicados en la actividad agraria.
- Un incremento de las oportunidades profesionales directas o derivadas de la producción de aceite y un acicate para el relevo generacional y el mantenimiento de las poblaciones rurales.
- Una mejor consideración social y mayor autoestima para los agricultores: de meros productores a actores decisivos para la reproducción de los servicios ecosistémicos, la mejora de la alimentación y la salud de las poblaciones urbanas.
- Una recuperación del mercado interior y, sobre todo, de reconectar a los jóvenes con la cultura del aceite de oliva.

Todo ello implica un salto cualitativo hacia la sostenibilidad rural y está en sintonía con los discursos y mensajes que llegan desde la FAO (Sánchez Martínez, 2020), la Unión Europea (reforma de la PAC, Estrategias de Biodiversidad y De la granja a la mesa), los resultados de algunos de los proyectos de investigación internacionales que se están desarrollando sobre el olivar y el aceite: *Predimed (*Salas-Salvadó & Mena-Sánchez), *Olivares Vivos*[1], *Sustainolive*[2], y los esfuerzos de los propios olivareros a través de la acción colectiva que supone el funcionamiento de las denominaciones de origen y la indicación geográfica protegida con la que cuenta el aceite de oliva virgen extra en Andalucía.

3. CONCLUSIONES

Los territorios olivareros tradicionales andaluces afrontan un escenario de competencia globalizada y reducción de las ayudas europeas (Rodríguez, Sánchez y Gallego, 2018). Entre las opciones de supervivencia, los aspectos ligados al paisaje, el medio ambiente, la calidad del producto y el patrimonio se muestran como una gran oportunidad. Esto supone también afrontar nuevos retos, y no debe perderse de vista que la inclusión de un bien en la Lista del Patrimonio Mundial supone una responsabilidad de conservación antes que un mero reconocimiento para la promoción turística del territorio en cuestión (Silva y Fernández, 2018).

BIBLIOGRAFÍA

Cejudo García, E., Cañete Pérez, J. A. & Castillo Ruiz, J. (2019): «El papel del patrimonio natural y cultural como motor de desarrollo rural en Andalucía: LEADER 2000-2013». *Perspectives on Rural Development*, nº 3, 293-236.

1 https://olivaresvivos.com/en/
2 https://sustainolive.eu/?lang=en

Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación (2015): Plan Director del Olivar Andaluz. https://www.juntadeandalucia.es/sites/default/files/2020-03/Plan%20Director%20del%20Olivar.pdf

Fernández Ruíz, R. et al. (2021): Los paisajes del olivar en Andalucía, historia milenaria de un mar de olivos. Propuesta para la inscripción en la Lista del Patrimonio Mundial. Original mecanografiado.

García Álvarez-Cuenca, J. M. & Bigné, G. (2020): «El regadío histórico de la Huerta de València (España) como Sistema Importante del Patrimonio Agrícola Mundial (SIPAM)», *Agroalimentaria*, 26 (50), 281-301.

ICOMOS-IFLA (2017): Principios sobre los paisajes rurales como patrimonio. En: https://culturapedia.com/wp-content/uploads/2020/09/2017-principios-paisaje-rural-patrimonio.pdf_

Junta de Andalucía (2011). Ley del Olivar de Andalucía. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, 6 de octubre, Sevilla.

Molinero Hernando, F. (2017): «Paisajes culturales, paisajes patrimoniales, paisajes sostenibles. Territorio y sociedad en mutación». Encuentro Internacional de Paisajes Culturales. https://uvadoc.uva.es.

Rodríguez Cohard, J. C., Sánchez Martínez, J. D. y Gallego Simón, V. J. (2018): «Olive crops and rural development: Capital, knowledge and tradition». *Regional Science Policy & Practice*, 1-15 http://doi.org/10.1111/rsp3.12115.

Salas-Salvadó, J. & Mena-Sánchez, G. (2017): «El gran ensayo de campo nutricional PREDIMED». *Nutrición Clínica en Medicina*, nº XI (1), 1-8.

Sánchez Martínez, J. D. (2020): «Dinámicas y adaptación de las áreas rurales a la globalización». En Antonio Vázquez Barquero & Juan Carlos Rodríguez Cohard, J., coords.: *Globalizacion y desarrollo de los territorios.* Madrid, Pirámide, 209-235.

Sánchez Martínez, J. D. y Garrido Almonacid, A. (2018): «Sobre la diversidad del olivar andaluz: del territorio al paisaje». *Estudios Geográficos*, 283: 523-551.

Silva Pérez, R. y Fernández Salinas, V. (2018): «Una vuelta de tuerca a las certificaciones territoriales. La figura de paisaje cultural de la Unesco como estrategia de marketing». En Cejudo, E., Navarro, F. y Camacho, J. A. (eds.): *Nuevas realidades rurales en tiempos de crisis: territorios, actores, procesos y políticas.* Granada, Editorial Universidad de Granada, 924-938.

EL AVANCE DEL OLIVAR SÚPER INTENSIVO EN LA PROVINCIA DE JAÉN EN PERSPECTIVA ESPACIAL Y ESTRATÉGICA

Rodríguez Cohard, Juan Carlos. Dpto. de Economía, Universidad de Jaén, España. jccohard@ujaen.es
Sánchez Martínez, José Domingo. Dpto. de Antropología, Geografía e Historia, Universidad de Jaén, España. jdsanche@ujaen.es
Gallego Simón, Vicente José. Grupo de Investigación de Estudios sobre el Territorio y la Sociedad, Universidad de Jaén, España. v.gallego@unia.es
Garrido Almonacid, Antonio. Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría, Universidad de Jaén, España. agarrido@ujaen.es

RESUMEN: Las plantaciones súper intensivas son las grandes protagonistas de la última oleada expansiva del olivar en Andalucía. El patrón de localización espacial de estos neo-paisajes muestra su preferencia por las tierras más fértiles y dotadas de riego de las vegas y campiñas bajas del Guadalquivir en Córdoba y Sevilla, donde pueden considerarse como una realidad consolidada. En cambio, y por diferentes razones, en el caso de Jaén estos procesos no han sido frecuentes, a pesar de que un análisis de racionalidad económica pudiera haber predicho su inmediatez y generalización. En esta comunicación, basada en gran medida en el trabajo de campo, se ofrecen cifras y ejemplos que permiten detectar un significativo cambio de tendencia. Sobre estos resultados se discute el alcance espacial y los efectos que esta estrategia competitiva puede tener para aquellos municipios con mayor potencial de instalación de este tipo de olivares.

PALABRAS CLAVE: Aceite de oliva, Especialización productiva, Competitividad territorial, Análisis prospectivo.

ABSTRACT: Super-intensive plantations are the main protagonists of the latest expansive wave of olive groves in Andalusia. The spatial location pattern of these neo-landscapes shows their preference for the most fertile and irrigated lands of the low meadows and countryside of the Guadalquivir in Cordoba and Seville, where they can be considered as a consolidated reality. On the other hand, and for different reasons, in the case of Jaén these processes have not been frequent, in spite of the fact that an analysis of economic rationality could have predicted their immediacy and generalization. This paper, based largely on field work, offers figures and examples that allow us to detect a significant change in trend. Based on these results, the spatial scope and the effects that this competitive strategy may have for those municipalities with greater potential for the installation of this type of olive groves are discussed.

KEY WORDS: Olive oil, Productive specialization, Territorial competitiveness, Prospective analysis.

1. INTRODUCCIÓN

Reforzando una considerable especialización regional, las plantaciones de olivar siguen avanzando en el sur de la península ibérica (véase tabla 1). El olivar súper intensivo es el modelo predilecto de esta última etapa expansiva, y la creciente competencia internacional en un mercado globalizado, junto al incremento del consumo de aceites de oliva en todo el mundo, las razones que la explican.

Tabla 1. Evolución de la superficie plantada de olivar (hectáreas) en Andalucía, 1960-2019.

	1960	1986	1999	2019	Δ 1960–1986	Δ 1987–2019	Δ 1960–2019
Jaén	378.130	474.175	562.761	584.795	96.045	110.620	206.665
Andalucía	1.211.985	1.232.018	1.454.590	1.575.477	20.033	343.459	363.492
España	2.316.425	2.099.052	2.364.614	2.469.111	-217.373	370.059	152.686
% And/Esp	52,32	58,69	61,51	63,81			
% Jaén/And	31,20	38,49	38,69	37,12			

Fuente: Anuario de Estadística Agraria, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

El olivar supone la mitad de la superficie agrícola andaluza, pero, en su interior, la brecha del desempeño económico, social y ambiental de los olivares nuevos y tradicionales es cada vez más acusada. Un poco más de la mitad tienen una edad superior a cincuenta años y un porcentaje similar responde al modelo de plantación tradicional (menos de 140 plantas por hectárea). El resto se corresponde mayoritariamente con lo que podríamos denominar como "el olivar de la PAC", no solo porque se plantó sobre todo desde 1986, sino también por el predominio del modelo intensivo, consistente en aumentar la densidad, introducir el regadío y dejar un solo pie por planta para facilitar la recogida mecanizada. Por el momento, los olivares con densidades superiores a 1.000 plantas por hectárea (súper intensivos) son poco más del tres por ciento del total (tabla 2) y se concentran especialmente en las provincias de Córdoba y Sevilla (Sánchez Martínez y Gallego Simón, 2019). Su potencial productivo, en el corto plazo es, no obstante, muy superior al resto de tipologías olivareras, pues están completamente mecanizados, maximizan las cosechas, minimizan los costes y obtienen porcentajes muy elevados de las fracciones de caldo de mayor calidad. Así, mientras los olivares tradicionales obtienen unos rendimientos productivos entre 1.750 y 3.500 kg/aceituna/año, en los de alta densidad los rendimientos se acercan a los 10.000 en régimen de regadío (Penco Valenzuela, 2020).

Tabla 2. Superficie ocupada por el olivar en Andalucía según densidad de plantación y antigüedad en 2019[1].

Plantas/ha	Superficie (ha)	%
< 140	801.394	50,39
141-400	708.589	44,56
401-1000	31.594	1,99
>1001	48.792	3,07
Total	1.590.369	100,00

Edad	Superficie (ha)	%
0-4 años	109.158	6,85
5-11 años	77.818	4,89
12-49 años	589.738	37,03
50 y más años	815.737	51,23
Total	1.592.451	100,00

Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2019)

En la provincia de Jaén, a excepción de ejemplos puntuales, el interés por los olivares súper intensivos es reciente[2], y sus posibilidades de crecimiento resultan nulas o limitadas mediante la expansión de la frontera agrícola o la sustitución de otros cultivos, pero tienen un gran potencial si se generalizan procesos de reestructuración de olivares tradicionales en aquellos lugares y circunstancias que resultan favorables. El objetivo de este trabajo es explicar los fundamentos que están posibilitando que esta opción productivista empiece a cobrar fuerza. Para ello, hemos analizado información estadística y cartográfica que permite detectar, cuantificar y localizar los procesos en marcha; dado que se encuentran en sus primeras fases, esta labor se ha acompañado de la realización de entrevistas y el reconocimiento mediante trabajo de campo.

2. MARCO TEÓRICO

Las empresas agrícolas, como el resto, operan en un contexto internacional y se exponen a profundas transformaciones relacionadas con el cambio tecnológico. Ello implica la posibilidad de mejorar en términos de productividad y competitividad, pero aquellas que no logran adaptarse al cambio pierden cuota de mercado y pueden acabar siendo afectadas por procesos de destrucción creativa. El empresariado schumpeteriano, en realidad, es muy escaso; no obstante, cuando el proceso de cambio (tecnológico, institucional y organizativo) se consolida, los empresarios más tradicionales imitan la nueva combinación de factores y acaban generalizando la innovación a todo el sistema productivo (Schumpeter, 1942, Ybarra, 2020).

Entre los diferentes motores del cambio del uso del suelo agrícola las razones económicas resultan de gran importancia, pero distan de ser las únicas (Van Vliet et al., 2015; Plieninger et al, 2016). Sus transformaciones se pueden interpretar como un reflejo de desequilibrios territoriales y

1 La cifra total que ofrece está encuesta se eleva a 1.652.489 ha de superficie olivarera, frente a las 1.575.477 ha que recoge el Anuario de Estadística Agraria; por otra parte, las diferencias respecto a los totales según densidad de plantación y antigüedad (1.590.396 ha) se debe a que algunos olivares no han sido clasificados según estos parámetros.

2 En 2015 se estimaron 2.669 hectáreas las que superaban las 1.000 plantas por hectárea, mientras que en 2019 eran 3.161 (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2015 y 2019).

en países como España la realidad que se impone es dual: abandono de las zonas menos productivas como los secanos mediterráneos, los policultivos de montaña o la ganadería extensiva (con la consiguiente despoblación); e intensificación en las más favorables, como es el caso de los cultivos leñosos en regadío (Plaza Gutiérrez, 2018; Berbel y Espinosa-Tasón, 2021), con el olivar como uno de los más destacados (Delgado-Serrano y Hurtado-Martos, 2018).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Además del tamaño físico y económico de las explotaciones olivareras, su competitividad está determinada por el volumen de las cosechas, los costes de producción, los precios en origen del aceite, que varían en función de su calidad, y los derechos de pago vinculados a los subsidios de la PAC. La venta del aceite en el mercado intra-industrial se ha expuesto a sucesivas y prolongadas coyunturas de precios medios por debajo de los costes de producción, lo que se convierte en revulsivo para adoptar cambios. La tecnología actual permite la adopción de modelos de plantación de rentabilidad asegurada (costes de producción por debajo de cualquier precio en origen que se haya registrado previamente), pero solo son viables cuando las bajas pendientes del suelo permiten la recolección con cosechadoras autoproulsadas. Aunque no es imprescindible, la disponibilidad de agua, en volumen superior a 2.000 m^3/ha, es un factor decisivo para incrementar y regularizar las cosechas en este modelo.



Foto 1. Olivar súper intensivo de 1,5 ha en la zona regable Vegas del Guadalquivir



Foto 2. Avance del olivar súper intensivo en el término municipal de Cazalilla

Fuentes: fotografía de los autores (diciembre de 2021), Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (2021).

Aunque no podemos ofrecer datos estadísticos precisos, el trabajo de campo y las entrevistas con actores locales permite suponer que en los últimos años el crecimiento se está acelerando. Los casos reconocidos en campo se localizan en el seno de comunidades de regantes, bien surgidas al amparo del Plan Jaén o creadas en el último tercio del siglo XX, donde se asiste a procesos de

modernización y ampliación de las áreas regables sin incremento de los caudales globales. En estos casos, se produce la sustitución de cultivos herbáceos más demandantes de agua por olivar (con dotaciones máximas de 1.500 m^3/ha). La información recogida en tres comunidades de regantes de la zona visitada (tabla 3) da idea de este potencial de cambio. Como estas dotaciones no son suficientes para crear olivares súper intensivos de la máxima densidad, la estrategia más habitual es ampliar el marco para introducir en torno a 1.300 plantas por hectárea, frente a las más de dos mil que se emplean cuando no hay restricciones hídricas.

Las posibilidades de expansión de los olivares súper intensivos en la provincia de Jaén se estimaron hace unos años como muy limitadas. Razones económicas, agronómicas, sociodemográficas e incluso emocionales, parecían suficientes para actuar como freno (Sánchez Martínez y Gallego Simón, 2011). En la actualidad, sin embargo, el escenario está empezando a cambiar. Se ha constatado una tendencia que rompe con el peso de la tradición, incluyendo la sustitución de la variedad picual por otras que se adaptan mejor a la recogida automatizada. Otra novedad, al menos respecto al modelo dominante en otras partes de Andalucía, es su penetración en pequeñas explotaciones (foto 1). Las nuevas plantaciones se están realizando en las campiñas y vegas del Guadalquivir, el ámbito donde hasta ahora el monocultivo olivarero no era tan aplastante pero donde se dan condiciones de topografía y disponibilidad de agua necesarias (foto 2). Este recurso es, de hecho, la única razón de peso que puede limitar la expansión, cuya área potencial se ha estimado en al menos ciento quince mil hectáreas si se produjera la reestructuración de todas aquellas parcelas que están plantadas de olivos tradicionales regados en zonas de baja pendiente

Tabla 3. Ampliación de la superficie por modernización y sustitución de cultivos en grandes comunidades de regantes surgidas con posterioridad al Plan Jaén

Comunidad de regantes	Términos municipales	Superficie regable inicial (ha)	Superficie tras la ampliación (ha)
Santa María Magdalena	Mengíbar, Cazalilla y Jaén	3.500	6.000
Guadalmena	Chiclana de Segura, Beas de Segura, Segura de la Sierra y Arroyo del Ojanco	3.434	8.434
Nuestra Señora de los Dolores	Andujar, Arjona, Lahiguera y Arjonilla	4.500	7.000
Totales		11.434	21.434

Fuente: http://comunidadregantesguadalmena.com/; https://cregantesmariamagdalena.com/; https://crlosdolores.coresat.es/extranet/

Otro proceso observado, tanto en comunidades de regantes como en fincas que tienen concesiones de riego, es la reestructuración progresiva de fincas de olivar antiguo, como forma de distribuir en el tiempo las inversiones necesarias y limitar el lucro cesante que se produce desde el arranque hasta la entrada en producción de las nuevas plantaciones, que no obstante tienen entre sus características más atractivas la precocidad en alcanzar sus máximos potenciales. En algunas zonas regadas un factor que ha estimulado la reestructuración es la verticilosis, una enfermedad que afecta a la variedad picual pero que es tolerada por otras como frantoio, arbequina y diferentes plantones híbridos específicamente desarrollados para adaptarse a las demandas de esta nueva olivicultura. Frente a otras alternativas de cultivo, tan solo el almendro en intensivo parece tener un atractivo para hacer dudar en relación a la opción del olivar. Y lo mismo ocurre con el algodón, el único que realmente tiene capacidad (al menos, según nos manifestó uno de los entrevistados que mantiene fincas tanto de uno como de otro cultivo, mientras se mantenga el favorable régimen de ayudas del que disfruta en la actualidad), para resistir a esta oleada de expansión del olivar súper intensivo.

4. CONCLUSIONES

La introducción de nuevas formas de cultivo del olivar se consolidad y extiende en la provincia de Jaén. Los recursos, el conocimiento y la tecnología se hallan presentes en el territorio, si bien el modelo no puede extenderse por doquier. Esta transición hacia una mayor intensificación productiva es acorde con el nuevo paradigma tecnoeconómico y la globalización de los mercados, pero no está exento de riesgos, relacionados tanto con las bases energéticas que permiten el funcionamiento del sistema agroalimentario global, como con el escenario que se deriva de la crisis climática, cuyas previsiones de estrés hídrico no son precisamente favorables para el Mediterráneo (Fraga et al., 2021). Finalmente, esta opción aumenta la brecha con las explotaciones que pueden incrementar su eficiencia económica y/o alcanzar una diferenciación de sus productos, y las que no son capaces de conectarse con los procesos de cambio institucional, lo que tendrá un reflejo en el empleo y la renta, agravando probablemente la dificultad del reto demográfico que se presenta en los municipios donde el olivar tradicional es mayoritario.

BIBLIOGRAFÍA

Berbel, J. y Espinosa-Tasón, J. (2021): "La gestión del regadío ante la escasez del agua: el caso de España". En Joaquín Melgarejo Moreno, Mª Inmaculada López Ortiz, Patricia Fernández Aracil (Eds.), *Inundaciones y sequías. Análisis multidisciplinar para mitigar el impacto de los fenómenos climáticos extremos* (pp. 411-415). Universidad de Alicante.

Delgado-Serrano, M. M. y Hurtado-Martos, J. A. (2018): Land use changes in Spain. Drivers and trends in agricultural land use. EU Agrarain Law, 7(2): 1-8.

Fraga H., Moriondo, M., Leolini, L. y Santos, J. A. (2021): "Mediterranean olive orchards under climate change: a review of future impacts and adaptation strategies". *Agronomy*, 11 (1), 56. https://doi.org/10.3390/agronomy11010056

Penco Valenzuela, J. M. (2020). *Aproximación a los costes del cultivo del olivo.* Asociación Española de Municipios del Olivo. https://www.aemo.es/slides/slide/estudio-de-costes-aemo-2020-241/download

Plaza Gutiérrez, J. I. (coord. 2019): "Actividades agrarias y pesqueras". En J. Sancho Comíns (dir.): *España en mapas. Una síntesis geográfica. Serie Compendios del Atlas Nacional de España (ANE).* Madrid, Centro Nacional de Información Geográfica, págs. 251-272.http://www.ign.es/web/ign/portal/espana-en-mapas

Plieninger, T. et al. (2016): The driving forces of landscape change in Europe: a systematic review of the evidence. *Land Use Policy*, 25, 204-214.

Sánchez Martínez, J. D. y Gallego Simón, V. J. (2019). Las nuevas geografías de la producción olivarera en el Bajo Guadalquivir: dinámica, fundamentos y retos. En Asociación de Geógrafos Españoles (Ed.): *Crisis y espacios de oportunidad. Retos para la Geografía*. *Libro de Actas del XXVI Congreso de la Asociación Española de Geografía*, Valencia, 1421-1436.

Schumpeter, J. A. (1942). *Capitalism, Socialism and Democracy*. New York, Harper & Row.

Van Vliet, J., de Groot, H. L. F., Rieveld, P. y Verburg, P. (2015): Manifestations and underlying drivers of agricultural land use change in Europe. *Land and Urban Planning*, 133, 24-36.

Ybarra, J. A. (2020). *Economía informal y distritos industriales: la realidad valencias y española*. Alicante. Publicaciones de la Universidad de Alicante

ANÁLISIS DE LA SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA Y ECOLÓGICA EN OLIVARES DE SECANO Y REGADÍO BAJO DIFERENTES NIVELES EROSIVOS EN LA COMARCA DE ESTEPA (ANDALUCÍA, ESPAÑA)

Rodríguez Sousa, Antonio Alberto. Universidad Complutense de Madrid, España, antonr05@ucm.es. MED – Mediterranean Institute for Agriculture, Environment and Development, Universidad de Évora, Portugal, aars@uevora.pt

Parra López, Carlos. Departamento de Economía de la Cadena Alimentaria, Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA), Granada, carlos.parra@juntadeandalucia.es

Sayadi Gmada, Samir. Departamento de Economía de la Cadena Alimentaria, Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA), Granada, samir.sayadi@juntadeandalucia.es

Barandica Fernández, Jesús M. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Complutense de Madrid, España, jmbarand@ucm.es

Rescia Perazzo, Alejandro J. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Complutense de Madrid, España, alejo296@bio.ucm.es

RESUMEN: La importancia del riego en la agricultura se ha incrementado en el tiempo debido a su impacto positivo en la productividad. No obstante, sus externalidades ambientales a largo plazo y su relación directa con la erosión son inciertas, existiendo escasos estudios al respecto. Se tomó como área de estudio la Denominación de Origen protegida (DOP) Estepa, en Sevilla (Andalucía, España), donde predomina un modelo de gestión olivarera integrado que permite el empleo de agroquímicos de forma regulada. En dicha región, el 90% del olivar es de secano, presentando riego deficitario (i.e. aplicación de volúmenes máximos de agua de 1500 m^3 ha^{-1} en épocas de estrés hídrico) solamente el 10% de la superficie. Se analizaron múltiples parámetros físico-químicos edáficos relacionados con el riego y la erosión del territorio. Paralelamente, se ejecutaron simulaciones a 150 años para evaluar las repercusiones del riego a largo plazo sobre la dimensión productiva y económica del olivar estudiado. Los resultados evidenciaron cómo la aplicación de riego en el olivar aumentó su nivel productivo, conllevando una alteración del medio edáfico a través de la modificación de sus características físicas y químicas (e.g. mayor compactación y contaminación edáfica). Las modificaciones edáficas observadas generan suelos más susceptibles de ser erosionados, hecho que presenta una relación directa con una disminución de la producción. A largo plazo, el beneficio productivo derivado del riego podría ser insostenible, dando lugar a un incremento en el abandono rural debido a la existencia de suelos degradados. Aunque los resultados de esta investigación no deben interpretarse como argumentos categóricos en contra de la implementación del riego en cultivos de olivar, las simulaciones realizadas demandan una correcta ordenación del territorio y la apuesta por modelos agrícolas basados en

prácticas de conservación edáfica y formas de riego eficientes para garantizar la sostenibilidad olivarera.

PALABRAS CLAVE: Edafología, Erosión, Política Agrícola Común, Riego deficitario, Viabilidad económico-productiva del olivar

ABSTRACT: The relevance of irrigation in agriculture has increased over time due to its positive impact on productivity. However, its long-term environmental externalities and its direct relationship with erosion are uncertain, and there are few studies on the subject. The Protected Designation of Origin (PDO) Estepa in Seville (Andalusia, Spain) was taken as a study area, where an integrated olive management model predominates, allowing the use of agrochemicals in a regulated way. In this region, 90% of the olive grove is rainfed, with deficit irrigation (i.e. application of maximum water volumes of 1500 m^3 ha^{-1} in times of water stress) in only 10% of the area. Several soil physico-chemical parameters related to irrigation and soil erosion were analysed. At the same time, 150-year simulations were carried out to evaluate the long-term repercussions of irrigation on the productive and economic dimension of the olive grove. The results showed how the application of irrigation in the olive grove increased its productive level, leading to an alteration of the soil environment through the modification of its physical and chemical characteristics (e.g. greater compaction and soil contamination, among others). The observed edaphic modifications generate soils more susceptible to erosion, which is directly related to a decrease in production. In the long term, the productive benefit derived from irrigation could be unsustainable, leading to an increase in rural abandonment due to the existence of degraded soils. Although the results of this research should not be interpreted as categorical arguments against the implementation of irrigation in olive groves, the simulations carried out call for proper land management and a commitment to agricultural models based on soil conservation practices and efficient irrigation methods to ensure sustainability in olive farming.

KEYWORDS: Common Agricultural Policy, Deficit irrigation, Economic and productive viability of the olive grove, Erosion, Soil science

1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

Los paisajes de olivar son sistemas socio-ecológicos característicos de ambientes mediterráneos (López-Pintor *et al*., 2018), presentando una amplia expansión y representatividad en España, donde su superficie alcanza más de 2.5 M ha de la Superficie Agraria Útil (EUROSTAT, 2018). Estos paisajes de olivar conforman sistemas multifuncionales en Andalucía, con una superficie de 1,5 M ha, donde destaca su aporte esencial de servicios ecosistémicos (SE) hacia la sociedad (Martínez-Sastre *et al*., 2017). En este sentido es preciso mencionar la elevada producción de aceituna y aceite de oliva en España, cuyo nivel productivo durante las últimas 5 campañas (años

2012/2013-2016/2017) presenta un valor promedio de 1,19 M t año-1 de aceite acorde al informe técnico del Consejo Oleícola Internacional (COI) en 2018.

A partir de la entrada en vigor de la Política Agrícola Común (PAC) en 1957 (Van Zanten *et al*., 2014), muchos sistemas agrarios de la Unión Europea evolucionaron hacia una situación de vulnerabilidad económica o de elevada dependencia de su rentabilidad para con los subsidios otorgados por parte de la Unión Europea (Taguas y Gómez, 2015; Sayadi *et al*., 2017). Ante esta incertidumbre, las políticas de gestión olivarera han mostrado dos tendencias basadas en el abandono de las explotaciones ante la merma de beneficios económicos, o la intensificación del empleo de inputs energéticos (i.e. herbicidas y pesticidas orgánicos o de síntesis química) para, junto al incremento de la densidad de plantación y la adopción de riego, incrementar la producción de los cultivos (Palese *et al*. 2009; Villanueva *et al*. 2014).

Aunque los sistemas de olivar han conformado tradicionalmente paisajes de secano, en los últimos 50 años, la incorporación de riego a estos cultivos se ha visto maximizada (Loumou y Giourga, 2003). Así, los olivares en Andalucía gestionados bajo riego han pasado de representar el 5% de la superficie agraria, a conformar el 34,7% (Gómez-Calero, 2010). Sin embargo, este incremento de la superficie regada, si bien ha aumentado a corto plazo el nivel productivo de las explotaciones, ha conllevado una serie de externalidades negativas e impactos medio ambientales, como el empeoramiento de los problemas de erosión edáfica o contaminación difusa en el olivar (Palese *et al*., 2009), factores que han afectado a la sostenibilidad ecológica de estos sistemas.

Esta situación derivada de los cambios de gestión que vienen sufriendo los olivares, especialmente la intensificación como consecuencia de la aplicación de agroquímicos (i.e. herbicidas y pesticidas) junto a la implementación de regadío, evidencia la necesidad de buscar políticas de gestión que promuevan un manejo adecuado del suelo para maximizar la viabilidad de estos sistemas (Gómez *et al*. 2003; Zuazo y Pleguezuelo, 2009). Por tanto, es necesario realizar estudios que cuantifiquen las consecuencias de la erosión, asociada a la implantación del regadío, sobre el medio edáfico y su impacto sobre la rentabilidad económica de los cultivos olivareros. Los objetivos específicos para el que se empleó como caso de estudio la comarca olivarera de Estepa, en la región de Sevilla, Andalucía (España), donde predomina una gestión integrada del olivar, fueron: a) caracterizar, mediante el análisis de múltiples variables físico-químicas, los suelos del área de estudio considerando diferentes estados erosivos y la gestión olivarera (i.e. secano o riego); y b) comparar, mediante proyecciones a medio-largo plazo, las potenciales consecuencias productivas y económicas de la aplicación del riego con relación al olivar de secano.

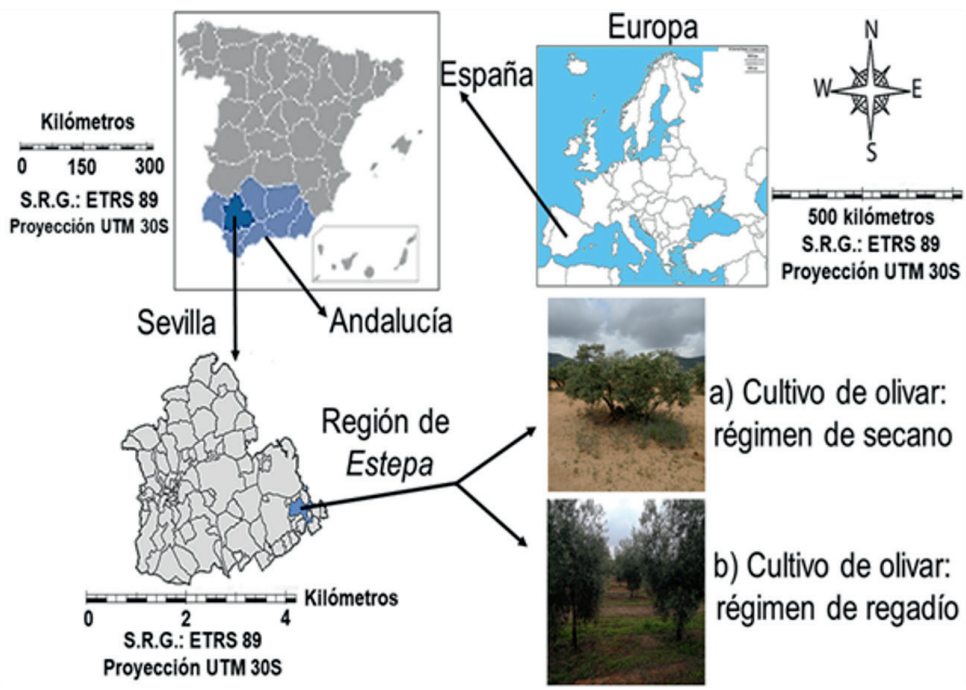
2. METODOLOGÍA

2.1. Área de estudio

Se escogió el agrosistema de olivar perteneciente a la Comarca de Estepa, situada en Sevilla,

Andalucía, región del suroeste de España, correspondiendo a la Denominación de Origen Protegida (DOP) del mismo nombre (Figura 1). Dicha Comarca cuenta con casi 40.000 ha de olivar situados entre los 200-800 msnm, bajo un clima mediterráneo templado con temperatura media de 17,5 ºC y una pluviometría anual de 477 mm (BOJA, 2016). Los suelos de esta región presentan hasta 150 cm de profundidad, siendo calizos y de textura franca (Guzmán Álvarez, 2004). El olivar de esta región se gestiona, en su mayoría, de forma certificada integrada, con una densidad de plantación entre los 100-500 árboles ha-1 y permitiéndose el uso de abonos de síntesis química de forma regulada. Mientras que la mayoría del olivar se cultiva bajo régimen integrado de secano (i.e. alrededor de un 90%), se ha implantado riego de tipo deficitario en el 10% restante (BOJA, 2016).

Figura 1. Localización del área de estudio (gestión olivarera integrada de secano y regadío).



Fuente: elaboración propia.

2.2. Diseño experimental y procesado de muestras

Dada la existencia de dos prácticas agrarias diferenciadas (i.e. secano y regadío) dentro de la tipología de gestión integrada mayoritaria evidenciada en la Comarca de Estepa se realizó un muestreo estratificado en el área de estudio acorde a la tipología del manejo agrario y el estado erosivo del territorio muestreado.

El área de estudio se clasificó acorde a la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) (Wischmeier y Smith, 1960). Para la consecución de estas estimaciones, se empleó la cartografía catastral procedente del Gobierno de la Junta de Andalucía (IECA, 2018), del Sistema de

Información sobre Ocupación del suelo de España (SIOSE, 2011) y diversos criterios bibliográficos, siguiendo especialmente el de Moreira-Madueño (1991) en cuanto a la estipulación de los estados erosivos. En la Tabla 1 se muestran los parámetros del modelo adaptados y calibrados para el olivar integrado de la Comarca de Estepa, siguiendo fundamentalmente los criterios de Gómez et al. (2003) y Gisbert-Blanquer et al. (2012).

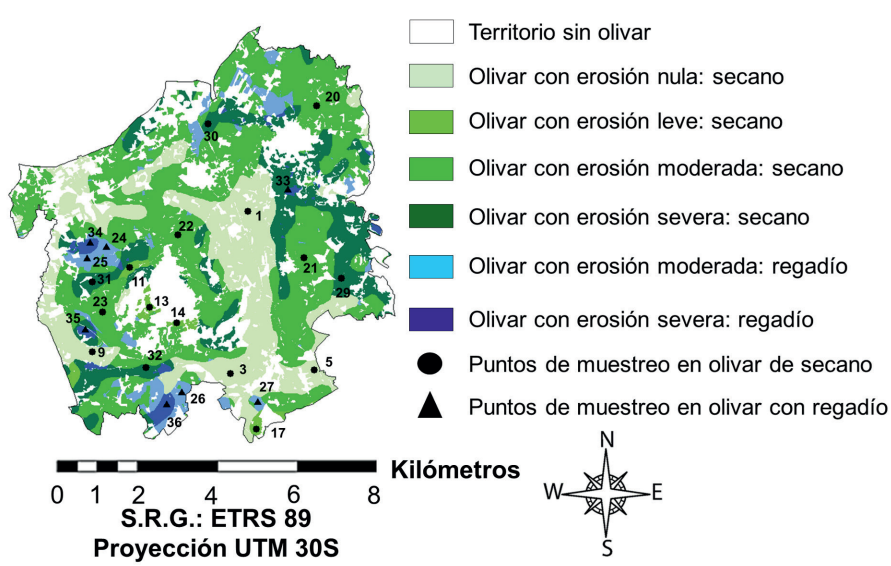
Tabla 1. Estados erosivos y superficie del olivar de Estepa. Se estima la pérdida de suelo (A) en función de la erosividad de la lluvia (R), erodabilidad del suelo (K), pendiente del territorio (LS), coberturas edáficas (C) y prácticas de control erosivo (P).

Gestión	*Territorio (ha) y %*	*Estado erosivo*	*Factores*					*A*
			R (J ha^{-1})	*K (Mg J^{-1})*	*LS*	*C*	*P*	*(t ha^{-1} año^{-1})*
Integrada	22.494 (57%)	Nulo	109,7	0,82	0,00 (0%)	0,16	1	---
	8366 (21,20%)	Leve	109,7	0,89	0,18 (3%)	0,16	1	2,81
	3828 (9,70%)	Moderado	109,7	0,56	0,70 (7%)	0,16	1	6,88
	4775 (12,10%)	Severo	109,7	0,95	2,20 (15%)	0,16	1	36,68

Fuente: elaboración propia.

Acorde a la estratificación cartográfica realizada, sólo se ubicaron parcelas con riego en los niveles erosivos moderado y severo. Así, de las 3828 ha de olivar con erosión moderada, 1755,90 ha presentaron riego. Del mismo modo, de las 4775 ha con erosión severa, sólo 2190,34 ha contaban con infraestructuras de regadío. De este modo, teniendo en cuenta que se ubicaron parcelas de secano en todos los niveles de erosión, se obtuvieron 6 tratamientos para el estudio. Se muestrearon aleatoriamente 4 parcelas dentro de cada nivel erosivo y gestión, obteniendo un tamaño muestral total de n = 24 parcelas (Figura 2).

Figura 2. Diseño muestral acorde a las gestiones y estados erosivos de Estepa.



Fuente: elaboración propia.

En cada parcela se tomaron tres muestras de suelo utilizando una sonda de peso y volumen fijo, además de estimar la profundidad del suelo utilizando una sonda edáfica. Siguiendo el criterio de Helson *et al.* (2017), las muestras obtenidas fueron secadas a 105 ºC durante 24 horas. Las muestras se tamizaron a 2 mm, obteniendo el porcentaje medio de fracciones finas y gruesas del suelo (partículas edáficas inferiores y superiores a 2 mm respectivamente), además de estimar el porcentaje de gravas comprendido en las muestras (i.e. partículas comprendidas entre 2 mm y 6 cm). A partir de la fracción de suelo menor a 2 mm se calculó la estructura del suelo. Para ello, se estimó la porosidad (i.e. cantidad total de poros) y la humedad edáfica (i.e. cantidad de poros con agua) para cada tratamiento siguiendo el criterio de Narayanan y Ramamurthy 2000.

Se realizó un perfil textural del suelo muestreado empleando el método Bouyoucos de determinación granulométrica del suelo, siguiendo el criterio USDA (arenas: 2 mm-50 mm; limos: 50 mm-2 mm; arcillas: < 2 mm) (Bouyoucos 1951). Así se obtuvo el porcentaje medio de arenas, limos y arcillas para tratamiento. Mediante el empleo de un triángulo de texturas se determinó la textura predominante de cada tratamiento estudiado (Vaezi et al. 2016).

A partir de la profundidad edáfica se calculó, para cada nivel erosivo, el peso de suelo por hectárea siguiendo la Ecuación 2 (Moreira-Madueño, 1991):

$$W_j = 100 \cdot A_j \cdot Dap_j$$

donde W_j: peso de suelo por unidad de superficie del estado erosivo j (t ha^{-1}); A_j: altura/profundidad del suelo del estado erosivo j (cm); Dap_j: densidad aparente del suelo del estado erosivo j (g cm^{-3}).

Por otra parte, en cuanto a indicadores químicos se midieron el pH de los suelos en disolución acuosa con la finalidad de conocer acidez/basicidad en el mismo (Stadler *et al.*, 2015). Adicionalmente se estimó el contenido de materia orgánica del suelo como indicador de fertilidad edáfica (Laudicina *et al.*, 2015), calculando previamente mediante colorimetría con dicromato potásico el porcentaje de carbono en las muestras (Ecuación 3):

$$MO = 1{,}724 \cdot C$$

donde *MO*: materia orgánica de la muestra (%); *a*: coeficiente adimensional de variación entre la materia orgánica y el carbono orgánico siendo igual a 1,724; *C*: carbono orgánico presente en la muestra (%).

Como indicadores de actividad enzimática del medio edáfico se estimó, mediante colorimetría, la concentración de y fosfatasa ácida (µmol pNF g^{-1} h^{-1}), enzima relacionada con el ciclo del fósforo (Adetunji *et al.*, 2017). Finalmente, como indicador de contaminación difusa edáfica, se evaluó la presencia de nitratos mediante colorimetría (ppm) (Duan *et al.*, 2009).

2.3. Datos económico-productivos del olivar

A partir de la realización de encuestas personales realizadas a cada propietario de las parcelas muestreadas (n = 24), se obtuvieron datos referentes al rendimiento del cultivo, además de datos económicos relacionados con el precio de venta del producto obtenido, la cuantía de las subvenciones percibidas y los costes de la explotación.

A partir de los valores medios procedentes de estos datos se realizaron proyecciones a largo plazo (i.e. 150 años) sobre el nivel productivo y el grado de rentabilidad económica por hectárea del olivar según su manejo (i.e. secano o regadío) y estado erosivo. Tomando como base el modelo publicado por Gómez *et al.* (2014), se empleó una ecuación calibrada experimentalmente para la Comarca de Estepa (Ecuación 4) a partir de los muestreos empíricos realizados y diversas fuentes bibliográficas, asumiendo un descenso en productividad en el tiempo por el efecto negativo de la erosión:

$$Producción_{(t)} = P_i \cdot (c_1 + c_2 \cdot \ln\left(W_j - Er_j \cdot t\right) + c_3 \cdot (\ln(W_j - Er_j \cdot t))^2)$$

donde *Producción (t)*: producción del manejo *i* (i.e. secano o regadío) en tiempo *t* (t ha^{-1}); c_1, c_2, y c_3: constantes específicas del área de estudio dependientes de la precipitación anual y el tipo de suelo, siendo 0,7388, -0,3471 y 0,0401 respectivamente (adimensionales); *Pi*: producción inicial (t = 0) del manejo *i* (i.e. secano o regadío) (t ha^{-1}); *Wj*: peso de suelo correspondiente al estado erosivo *j* (t ha^{-1}); *Erj*: tasa de erosión propia del estado erosivo *j* (t ha^{-1} año^{-1}); *t*: tiempo de simulación (años).

Para la realización de las proyecciones temporales, se tuvieron en cuenta tres asunciones permanentes durante todo el período simulado: a) el rendimiento promedio de la extracción de 1 l de aceite oscila anualmente entre un 18 – 21% (AEMO, 2012), tomándose como dato general para la Comarca de estudio un rendimiento medio del 19%; y b) acorde al criterio de Gómez-Calero *et al.* (2010), se asumió una producción media en el olivar integrado entre 1500-4000 kg aceitunas ha^{-1}, considerando el abandono del cultivo cuando la producción está por debajo de dicho umbral.

Finalmente, se calcularon los datos de producción y rentabilidad acumulados por hectárea para cada tratamiento fruto de la combinación del manejo agrario y nivel erosivo sin incorporar las subvenciones de la PAC y analizando su influencia.

2.4. Análisis estadísticos

Los análisis estadísticos realizados se llevaron a cabo con el software RStudio (versión 0.98.1102 – © RStudio 2009-2014), utilizando la librería car y los paquetes *agricolae*, *dplyr* y *PMCMRplus*, considerando un nivel de significación de $\alpha = 0{,}05$. Con la finalidad de comprobar estadísticamente las diferencias de las variables evaluadas entre los estados erosivos y el manejo de las explotaciones olivareras se testaron, en primer lugar, las asunciones de normalidad y homocedasticidad de las muestras empleando los test de Shapiro-Wilk, y Levene, respectivamente. Posteriormente se testó la posible existencia de interacciones significativas entre la tipología de manejo agrario del olivar y los estados erosivos, comprobando la existencia de diferencias significativas en las variables

dependientes analizadas dentro de cada factor por separado. Al partir de variables dependientes con datos no pareados y de poblaciones independientes, se ejecutó un análisis de la varianza (ANOVA), contrastando la hipótesis nula de igualdad de medias frente a la hipótesis alternativa de que al menos una de ellas presentará diferencias significativas (González *et al.*, 2013). Como alternativa para aquéllas variables que no cumplieran con los requisitos de normalidad u homocedasticidad, se ejecutó un test no paramétrico de Kruskal-Wallis de igualdad de medianas (i.e. Test H). Adicionalmente, para localizar las posibles diferencias existentes entre los tratamientos para cada variable dependiente se realizó un test post-hoc de Tukey para variables normales y homocedásticas, o de Tamhane para variables heterocedásticas. Finalmente se testaron las diferencias de producción y rentabilidad (sin y con subvenciones de la PAC) acumulados por hectárea acorde a su manejo y nivel erosivo.

3. RESULTADOS

3.1. Caracterización edáfica del olivar

Todas las variables presentaron una distribución normal y un comportamiento homocedástico, excepto el contenido en gravas del suelo y la humedad. Se evidenció una interacción altamente significativa ($p < 0{,}001^{***}$) entre la tipología de gestión olivarera y los estados erosivos para todas las variables dependientes analizadas, recurriendo al estudio de cada factor por separado.

3.1.1. Características edáficas entre diferentes regímenes hídricos con erosión equivalente

En la Tabla 2 se adjuntan los resultados descriptivos y estadísticos en cuanto a la existencia de diferencias significativas de las variables físico-químicas del suelo analizadas entre los manejos de secano y regadío en la Comarca de Estepa, teniendo en cuenta solamente los estados erosivos presentes en ambos manejos agrarios (i.e. erosión moderada y grave).

Tabla 2. Valores medios (X) y error estándar (ES) de las variables edáficas en cada manejo agrario. Se adjuntan los p-valores resultantes de los test estadísticos ($p > 0{,}05$: no significativo; $p < 0{,}05^{*}$: significativo; $p < 0{,}01^{**}$: muy significativo; $p < 0{,}001^{***}$: altamente significativo).

Variable (unidad)	*Secano*	*Regadío*	*p-valor*
	X ± *ES*	X ± *ES*	
Gravas (%)	1,96 ± 1,87	0,18 ± 0,18	0,030**
Arenas (%)	55,85 ± 13,42	61,67 ± 4,12	0,261
Limos (%)	25,74 ± 6,17	22,57 ± 5,71	0,304
Arcillas (%)	18,40 ± 7,25	15,76 ± 1,60	0,332
Porosidad (%)	59,93 ± 3,68	57,02 ± 1,71	0,085
Humedad (%)	23,83 ± 6,54	37,70 ± 4,78	< 0,001**
Peso suelo (t ha^{-1})	11.207,14 ± 2133,96	9695,78 ± 1580,05	0,130
Textura (---)	franco-arenosa	franco-arenosa	---
pH (---)	8,04 ± 0,15	8,00 ± 0,17	0,671
Materia orgánica (%)	1,96 ± 0,61	1,57 ± 0,55	0,196
Fosfatasa (µmol pNF g^{-1} h^{-1})	0,47 ± 0,07	0,46 ± 0,07	0,890
Nitratos (ppm)	4,72 ± 0,30	6,03 ± 0,51	< 0,001***

Fuente: elaboración propia.

La adición de riego supuso un aumento de la humedad del 36,79%. Por otro lado, en los olivares gestionados con riego deficitario, se observaron descensos de hasta un 90,81% en el contenido de gravas. Finalmente, el cambio de manejo agrario en el olivar muestreado no evidenció un cambio textural del medio físico, siendo de tipo franco-arenoso tanto en el olivar de secano como de regadío. Dentro de los parámetros químicos evaluados, el riego mostró una influencia significativa sobre el contenido de nitratos en el suelo, incrementando su concentración en un 21,72%.

3.1.2. Características edáficas considerando todos los estados erosivos y gestiones hídricas

Teniendo en cuenta la influencia de la erosión sobre los parámetros analizados, se evidenciaron diferencias altamente significativas para cada variable dependiente en, al menos, uno de los tratamientos ($p < 0{,}001^{***}$ de los test ANOVA y Kruskal-Wallis).

En la Tabla 3 se muestran los resultados en cuanto a las características físicas y químicas del suelo para los distintos manejos agrarios y estados erosivos de los olivares muestreados, apreciándose adicionalmente los resultados de los test post hoc realizados. Así, para cada variable se representan los resultados del análisis de subconjuntos homogéneos entre los distintos tratamientos, en el que dos niveles presentarán distinta clasificación grupal cuando el resultado del test post-hoc sugiera la existencia de diferencias significativas (i.e. $p < 0{,}05$).

Tabla 3. Valores medios (X) y error estándar (ES) de las variables edáficas estimadas en cada tipología de manejo agrario del olivar muestreado. Los superíndices entre a-f indican los grupos clasificatorios generados en los test post-hoc para establecer las categorías semejantes.

Gestión	*Secano*				*Regadío*	
Estado erosivo	*Nulo* (X ± *ES*)	*Leve* (X ± *ES*)	*Moderado* (X ± *ES*)	*Grave* (X ± *ES*)	*Moderado* (X ± *ES*)	*Grave* (X ± *ES*)
Gravas (%)	$11{,}28 \pm 0{,}4^{a}$	$7{,}25 \pm 0{,}0^{b}$	$3{,}71 \pm 0{,}0^{c}$	$0{,}22 \pm 0{,}0^{d}$	$0{,}36 \pm 0{,}0^{d}$	$0{,}00 \pm 0{,}0^{d}$
Arenas (%)	$36{,}18 \pm 0{,}1^{a}$	$61{,}51 \pm 0{,}0^{b}$	$43{,}29 \pm 0{,}0^{c}$	$68{,}41 \pm 0{,}0^{d}$	$65{,}52 \pm 0{,}1^{e}$	$57{,}82 \pm 0{,}0^{f}$
Limos (%)	$52{,}41 \pm 0{,}0^{a}$	$24{,}05 \pm 0{,}1^{b}$	$31{,}52 \pm 0{,}0^{c}$	$19{,}97 \pm 0{,}0^{d}$	$17{,}23 \pm 0{,}0^{e}$	$27{,}91 \pm 0{,}0^{f}$
Arcillas (%)	$11{,}41 \pm 0{,}1^{a}$	$14{,}44 \pm 0{,}0^{b}$	$25{,}18 \pm 0{,}0^{c}$	$11{,}62 \pm 0{,}0^{a}$	$17{,}25 \pm 0{,}1^{d}$	$14{,}27 \pm 0{,}0^{b}$
Porosidad (%)	$68{,}33 \pm 0{,}7^{a}$	$62{,}58 \pm 0{,}0^{b}$	$60{,}04 \pm 0{,}8^{c}$	$59{,}83 \pm 0{,}0^{d}$	$58{,}64 \pm 0{,}0^{e}$	$55{,}41 \pm 0{,}0^{f}$
Humedad (%)	$35{,}10 \pm 0{,}3^{a}$	$31{,}03 \pm 0{,}0^{b}$	$25{,}30 \pm 0{,}0^{c}$	$22{,}38 \pm 0{,}0^{d}$	$41{,}12 \pm 0{,}2^{e}$	$34{,}27 \pm 0{,}0^{f}$
Peso suelo ($t\ ha^{-1}$)	$15.728{,}70 \pm 541{,}6^{a}$	$13.921{,}60 \pm 112{,}7^{b}$	$13.140{,}00 \pm 315{,}7^{b}$	$9272{,}80 \pm 266{,}1^{c}$	$11.151{,}78 \pm 150{,}4^{d}$	$8236{,}80 \pm 136{,}8^{c}$
Textura (---)	franco-limosa	franco-arenosa	franca	franco-arenosa	franco-arenosa	franco-arenosa
pH	$8{,}55 \pm 0{,}0^{a}$	$8{,}27 \pm 0{,}0^{b}$	$8{,}18 \pm 0{,}0^{c}$	$7{,}90 \pm 0{,}0^{d}$	$8{,}16 \pm 0{,}0^{c}$	$7{,}85 \pm 0{,}0^{d}$
Materia orgánica (%)	$3{,}70 \pm 0{,}0^{a}$	$2{,}90 \pm 0{,}0^{b}$	$2{,}54 \pm 0{,}0^{c}$	$1{,}39 \pm 0{,}0^{d}$	$2{,}08 \pm 0{,}0^{e}$	$1{,}06 \pm 0{,}0^{f}$
Fosfatasa (µmol pNF $g^{-1}\ h^{-1}$)	$0{,}26 \pm 0{,}0^{a}$	$0{,}46 \pm 0{,}0^{b}$	$0{,}41 \pm 0{,}0^{b}$	$0{,}53 \pm 0{,}0^{c}$	$0{,}40 \pm 0{,}0^{b}$	$0{,}53 \pm 0{,}0^{c}$
Nitratos (ppm)	$2{,}85 \pm 0{,}1^{a}$	$3{,}88 \pm 0{,}1^{b}$	$4{,}48 \pm 0{,}1^{c}$	$4{,}97 \pm 0{,}0^{c}$	$5{,}61 \pm 0{,}1^{d}$	$6{,}46 \pm 0{,}1^{e}$

Fuente: elaboración propia.

Se detectó una disminución en el contenido en gravas del suelo conforme aumentó el nivel erosivo de las parcelas, siendo mayor dicha pérdida en los olivares bajo riego. El suelo de la Comarca de Estepa fue predominantemente franco, con tendencias arenosas o limosas, evidenciándose diferencias entre todos los tratamientos para el contenido en arenas y limos. Sin embargo, los olivares de regadío presentaron un mayor contenido en arcilla en los casos de erosión moderada, pero no en los de erosión severa. La porosidad se redujo un 12% en los olivares de secano a mayor erosión. En este sentido, con la implementación de riego, la reducción de porosidad se incrementó en un 2,33% y 7,39% en olivares con erosión moderada y severa. La humedad del suelo fue significativamente mayor en las parcelas con riego. Estadísticamente, se formaron grupos con diferencias para la porosidad y humedad edáficas en cada tratamiento. Se observó una influencia negativa de la erosión y del riego sobre el peso de suelo por unidad de superficie. En secano, se alcanzaron pérdidas netas de suelo de hasta un 41,04% debido a la erosión, mientras que la adición de riego supuso una pérdida de suelo adicional del 15,13% en parcelas de erosión moderada y del 11,17% en parcelas con erosión severa. Sin embargo, estadísticamente, los niveles erosivos leve, moderado y grave de secano junto al nivel de erosión severa bajo riego no mostraron diferencias.

Químicamente, se observó un descenso del pH de hasta un 7,60% a medida que aumentó la erosión en el olivar, a la vez que la implementación de regadío en las explotaciones causó una mayor acidificación del suelo, conformando estos dos niveles un grupo estadístico diferenciado. En cuanto a la materia orgánica, se detectó una menor concentración en parcelas de erosión elevada (descensos de hasta un 62,43%), evidenciándose además una influencia negativa del riego, existiendo diferencias significativas para todos los tratamientos evaluados. Finalmente, la fosfatasa mostró un incremento de hasta un 103,84% a medida que aumentó la erosión, sin que el riego mostrara ninguna influencia. A su vez, la concentración de nitratos aumentó con los estados erosivos, alcanzando incrementos de hasta un 74,38% en secano, encontrándose una influencia positiva entre el riego y dicha variable.

3.2. Proyecciones temporales económico-productivas en los manejos de secano y riego

En la Tabla 4 se observan los resultados procedentes de la recopilación de los datos productivos y económicos obtenidos a partir de las encuestas. En promedio, el rendimiento del cultivo de olivar es superior en las parcelas con un manejo agrario con riego, contando con una producción anual de 4249,50 kg de aceituna ha^{-1}, frente a los 2749,50 kg de aceituna ha^{-1} producidos bajo régimen de secano. En términos económicos, el beneficio anual (i.e. diferencia entre ingresos por venta y costes de la explotación) de una hectárea de regadío fue de 682,65 € ha^{-1}, que aumentaron a 1182,65 € ha^{-1} al considerar las subvenciones procedentes de la PAC. Por su lado, en las parcelas de secano se observaron unos beneficios anuales de 922,60 € ha^{-1}, aumentando a 1322,60 € ha^{-1} incluyendo la PAC.

Tabla 4. Datos económicos y productivos para el olivar integrado de secano y regadío de la Comarca de Estepa.

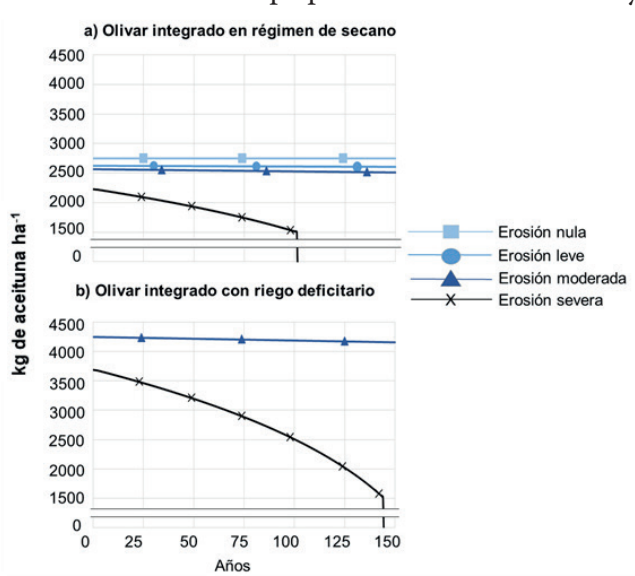
Manejo	*Secano*			*Regadío*		
	Máximo	*Mínimo*	*Media*	*Máximo*	*Mínimo*	*Media*
Densidad plantación (árboles ha^{-1})	199	100	150,00	499	200	350,00
Rendimiento (kg aceituna ha^{-1})	3499	2000	2749,50	4499	4000	4249,50
Producción árbol (kg aceituna $árbol^{-1}$)	17,58	20	18,33	9,01	20	12,14
Precio venta (€)	0,89	0,70	0,79	0,79	0,60	0,69
PAC (€ ha^{-1} $año^{-1}$)	449	350	400,00	549	450	500,00
Costes explotación (€ ha^{-1} $año^{-1}$)	1499	1000	1249,50	2499	2000	2249,50

Fuente: elaboración propia.

A partir de estos datos se realizaron proyecciones temporales a medio-largo plazo (i.e. 150 años), sobre la evolución del olivar integrado con la finalidad de comparar, en términos productivos y económicos los manejos agrarios de secano y regadío.

En términos productivos (Figura 3), en las parcelas de secano con erosión nula o leve, la producción de aceituna se mantuvo relativamente constante entre los 3000 y 2500 kg de aceituna ha^{-1} $año^{-1}$ para el período de tiempo considerado. En cambio, en las parcelas con erosión moderada, la producción bajo riego fue superior a las de secano (4250 y 2565 kg de aceituna ha^{-1} $año^{-1}$ respectivamente) manteniéndose con un suave declive a lo largo del tiempo de simulación. Por otra parte, las parcelas con erosión grave mostraron una superioridad en la producción en los cultivos con riego sobre los de secano (3700 y 2200 kg de aceituna ha^{-1} $año^{-1}$, respectivamente en el primer año del período de simulación considerado). No obstante, en un intervalo de 100 años para el olivar de secano, y de 145 años para el olivar bajo riego deficitario, se produciría el abandono de las parcelas con erosión grave, debido a un descenso en la productividad por debajo del umbral mínimo de 1500 kg de aceituna ha^{-1}.

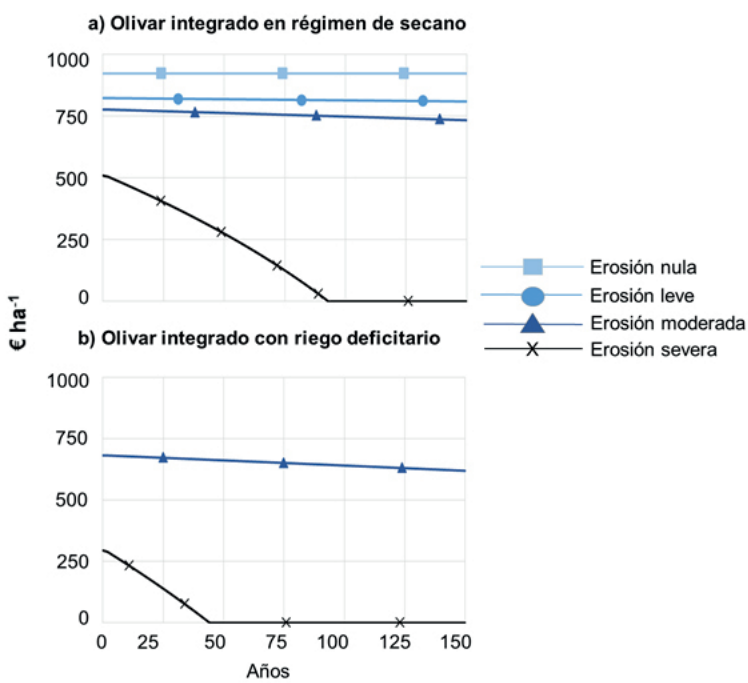
Figura 3. Simulaciones, en gráficos de escala quebrada, en cuanto a la producción por hectárea del olivar integrado de la Comarca de Estepa para cada estado erosivo y manejo agrario.



Fuente: elaboración propia.

En términos económicos, sin considerar las subvenciones de la PAC (Figura 4), se observó cómo las parcelas de olivar integrado de secano con erosión nula o leve evidenciaron un carácter rentable a lo largo de todo el período de estudio, con ganancias de 900 y 760 € ha-1, respectivamente. Por otro lado, en las parcelas con erosión moderada la rentabilidad del olivar, tanto de secano como de regadío, se situó en valores próximos a 750 € ha-1. Sin embargo, mientras que en los olivares de secano este valor prácticamente se mantuvo constante en el período de estudio, en el caso del olivar con riego los beneficios descendieron hasta alrededor de 600 € ha-1 en el último año del período simulado. Por otra parte, en las parcelas con erosión severa, en los olivares sin riego la rentabilidad fue de 500 € ha-1, abandonándose el cultivo a los 90 años de la simulación. En cambio, las parcelas de erosión equivalente con riego presentaron una rentabilidad de en torno a 250 € ha-1, dejando de ser explotaciones rentables a los 44 años de la simulación ya que a pesar de que la producción esté por encima del umbral mínimo, los costes de la gestión olivarera superan a los ingresos por ventas.

Figura 4. Simulaciones en cuanto a la rentabilidad, sin PAC, por hectárea del olivar integrado para cada estado erosivo y manejo agrícola.

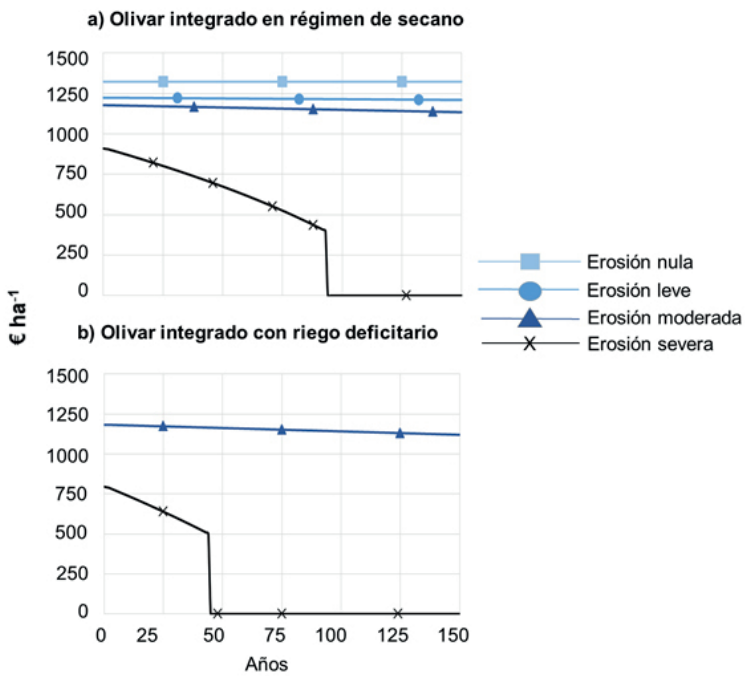


Fuente: elaboración propia.

Por último, en la Figura 5 se puede observar cómo los subsidios de la PAC percibidos por los agricultores incrementaron los beneficios agrícolas, pero no supusieron un cambio en la dinámica de los usos del suelo y el aprovechamiento de los cultivos agrarios. En este sentido, la incorporación

de los subsidios de la PAC en la evaluación de la dimensión económica del olivar no evitó la pérdida de rentabilidad al largo plazo en las parcelas con erosión grave, debiendo ser abandonadas a los 90 y 44 años de simulación para los cultivos de secano y regadío respectivamente.

Figura 5. Simulaciones en cuanto a la rentabilidad, incluyendo la PAC, por hectárea del olivar integrado para cada estado erosivo y manejo agrícola.



Fuente: elaboración propia.

Finalmente, en la Tabla 5 se muestran, para cada manejo agrario, los datos de producción y económicos por hectárea y estado erosivo acumulados durante todo el tiempo de simulación. Se apreció que la erosión edáfica incide negativamente sobre la producción y los beneficios tanto en régimen de secano como en regadío de forma altamente significativa ($p < 0{,}001^{***}$). Particularmente, en los olivares de secano, las explotaciones con estado erosivo severo presentaron unos valores de producción notablemente inferiores a los otros niveles erosivos, derivando esta merma productiva en una menor rentabilidad económica. Por otra parte, la implementación de riego deficitario, si bien incrementó la producción con respecto al manejo de secano entre parcelas de estado erosivo equivalente, presentó una menor rentabilidad económica, fruto de los mayores costes asociados al mantenimiento de las explotaciones con este manejo olivarero.

Tabla 5. Producción (kg aceituna ha-1) y rentabilidad económica (Bnf, € ha-1) en ausencia de la PAC y considerando su subvención para el período de simulación considerado (150 años).

Manejo	*Secano*				*Regadío*	
Estado erosivo	*Nulo*	*Leve*	*Moderado*	*Grave*	*Moderado*	*Grave*
Producción	4,12E+05	3,92E+05	3,81E+05	1,92E+05	6,31E+05	4,06E+05
Bnf (sin PAC)	1,38E+05	1,22E+05	1,13E+05	2,59E+04	9,77E+04	6,78E+03
Bnf (con PAC)	1,98E+05	1,82E+05	1,73E+05	6,31E+04	1,73E+05	2,88E+04

Fuente: elaboración propia.

4. DISCUSIÓN

4.1. Impacto de la implementación del riego sobre el medio edáfico

El riego en el olivar analizado mostró algunos efectos sobre el suelo, los cuales se acentuaron ante el incremento de los procesos erosivos. Al igual que en estudios como el de Nunes *et al.* (2018), se detectó una disminución de entre el 21,07% y el 9,29% en el peso del suelo debido a la interacción entre la erosión y el riego. Dicha pérdida de peso de suelo podría ser mitigada mediante el empleo de cubiertas vegetales (Rodríguez-Pleguezuelo *et al.*, 2009; Panagos *et al.*, 2015), sin embargo, éstas son muy escasas en el área de estudio, estando presentes solamente en el 54% de las parcelas bajo régimen de secano y en el 33% de las parcelas con riego. Otro efecto esperado de la irrigación fue el aumento del contenido de humedad edáfica. Este hecho, junto con la pérdida de peso de suelo, deriva en una mayor compactación del medio, dificultando el desarrollo radicular de las plantas y aumentando la velocidad de circulación del agua de escorrentía (Kumar *et al.*, 2017). Por otra parte, en cuanto a la alteración textural de los suelos debida al riego, en Estepa, las partículas muy finas (i.e. arcillas) presentaron una distribución irregular en los diferentes niveles erosivos, contrariamente a lo observado por Dong *et al.* (2018), donde se detectó un aumento relevante de este tipo de partículas asociado al riego, lo que contribuiría a una mayor retención de agua. El tipo de riego que se lleva a cabo en la Comarca olivarera de Estepa, al ser deficitario, consiste en suministrar agua al cultivo solamente en épocas de estrés hídrico y sequía estival, por lo que dicha práctica podría estar minimizando los impactos edáficos de la intensificación agrícola, y retrasando la modificación de la textura edáfica (BOJA, 2016; Ribeiro *et al.*, 2017).

Por su parte, los estados erosivos con riego consolidaron grupos estadísticos diferenciados respecto a los niveles de secano en cuanto a las propiedades químicas edáficas excepto para el pH y la enzima fosfatasa. No obstante, pese a la existencia de diferencias significativas en cuanto a los resultados de las variables evaluadas, la clasificación de los suelos no mostró diferencias. Los suelos evidenciaron, en todos los casos, un pH básico, incrementándose levemente su acidez debido a la introducción del riego. Por otro lado, el contenido en materia orgánica fue más elevado en parcelas de secano, descendiendo levemente su concentración en estados erosivos severos e incluso bajo regadío con erosión moderada, pasando a presentar valores bajos debido a la combinación de una elevada erosión junto a la implementación de riego. Teniendo en cuenta que la materia orgánica

puede actuar como un agente mitigador de la erosión (Zuazo y Pleguezuelo, 2009), probablemente exista un efecto recíproco, es decir, el riego aumenta la pérdida de materia orgánica potenciando el efecto de la erosión, mientras que a su vez la baja concentración de materia orgánica potencia el efecto erosivo del riego. La actividad enzimática del suelo fue similar en ambos manejos olivareros, aunque el aumento de la humedad podría haber favorecido la actividad de la fosfatasa y la supervivencia de la microbiota y la actividad microbiana (López-Piñeiro *et al*., 2011; Maskooni *et al*., 2017). Esto probablemente no fue apreciado en nuestro estudio debido al carácter básico de los suelos muestreados.

Zhou *et al*. (2019) destacó a la fertilización como un factor influyente sobre el rendimiento de los cultivos y en el uso eficiente del agua y los nutrientes, especialmente cuando se usa fertilizantes nitrogenados. En Estepa, el contenido de nitratos aumentó directamente con la erosión, y su concentración fue mayor en los olivares con riego. Numerosos estudios han demostrado que el riego y la fertilización influyen en la lixiviación de los nitratos en los ecosistemas agrícolas (Li *et al*., 2009). De acuerdo con nuestros resultados, el uso de fertilizantes debe ser gestionado no sólo teniendo en cuenta la cantidad que se aplica, sino también las medidas de gestión del riego (i.e. cantidad de agua, tiempo de riego y método de riego). Por lo tanto, el riego podría ser tan importante como la fertilización en la calidad del agua de lixiviación, y un riego óptimo combinado con una adecuada fertilización podría reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, minimizando el riesgo medioambiental potencial causado por una fertilización excesiva en los sistemas intensivos olivareros. De hecho, la contaminación difusa se considera una de las principales externalidades ambientales negativas de los olivares (López-Pintor *et al*., 2018). Por otra parte, debe tenerse en cuenta que los nitratos se acumulan principalmente en los primeros 60 cm del suelo, y por lo tanto los procesos erosivos pueden transportar este nutriente junto con las partículas del suelo a largas distancias, contaminando otras áreas lejanas (Rong y Xuefeng, 2011).

4.2. Influencia del riego sobre la sostenibilidad ecológica y económica del olivar

En España, las prácticas de regadío en la agricultura conforman el 19% de la superficie cultivada, siendo responsables del 60% de la producción agrícola y del consumo del 80% del agua a nivel nacional (Gómez-Limón y Berbel, 2000). Particularmente, en los sistemas socio-ecológicos de olivar predomina el régimen de secano, siendo incipiente la aplicación de regadío en estos sistemas (Soriano *et al*., 2014). Tradicionalmente, la implementación del riego en los sistemas oleícolas se ha utilizado con dos finalidades. Por un lado, para obtener un mayor rendimiento productivo y responder a la demanda agrícola, incrementando los beneficios de los agricultores, y, por el otro, para crear una mayor necesidad de mano de obra y permitir a la población asentarse en las zonas rurales. De este modo, en España, Berbel y Gómez-Limón (2000) puntualizaron que la agricultura de regadío emplea una proporción de mano de obra por unidad de superficie casi 8 veces mayor que la de secano. Concretamente, en la Comarca de Estepa y, en general, en el olivar andaluz, predomina un régimen de riego deficitario, con la finalidad de paliar las consecuencias limitantes del déficit hídrico sobre el rendimiento agrícola del cultivo sin ocasionar graves perjuicios

ambientales (Parra-López *et al*., 2007). Si bien la introducción de riego en Estepa mostró un incremento productivo inmediato de hasta un 55%, también evidenció efectos perjudiciales sobre el medio edáfico que podrían condicionar la sostenibilidad ecológica de los olivares gestionados bajo riego en una escala temporal más amplia.

La mayor producción derivada del riego va asociada a un mayor beneficio económico a corto plazo (Navajas *et al*., 2012). Sin embargo, se debe evaluar también la sostenibilidad económica al mediano y largo plazo de los olivares de regadío. De acuerdo a las encuestas realizadas los agricultores toman la decisión de incorporar riego a sus cultivos con la finalidad de obtener una mayor producción, asumiendo, de forma cortoplacista, una relación lineal positiva entre el nivel productivo y los beneficios económicos. Sin embargo, una evaluación más detallada y rigurosa de las consecuencias ecológico-económicas de la implantación del regadío en el tiempo debe tener en cuenta el incremento en los costes de la gestión olivarera derivados del mantenimiento de las infraestructuras de riego, y el menor precio de venta en origen del kilogramo de aceituna producido bajo esta tipología de manejo (Expósito y Berbel, 2016). Por estos motivos, los resultados evidenciaron unos beneficios inferiores del olivar con regadío respecto a la rentabilidad de los cultivos de secano, pese a ser superior su rendimiento productivo. Así, la disminución de la sostenibilidad económica del olivar con riego deficitario a corto plazo puede ser debida a la necesidad de realizar una inversión económica de modernización para incrementar la eficiencia del recurso hídrico (Ali y Talukder, 2008). Sin embargo, a medio-largo plazo, dicha insostenibilidad puede deberse a una disminución de la sostenibilidad ecológica del cultivo por su menor rendimiento y mayores impactos ambientales derivados de su gestión (i.e. contaminación difusa) (Ramankutty *et al*., 2018).

5. CONCLUSIONES

La implementación del riego en los olivares de la Comarca de Estepa incrementó su producción a corto plazo, pero evidenció consecuencias negativas en su sostenibilidad ecológica y económica debido a la degradación del medio edáfico. No obstante, en el área de estudio el tipo de riego empleado es localizado y deficitario, conllevando menores impactos ambientales. No obstante, los resultados mostraron que al comparar parcelas de secano y riego con niveles erosivos equivalentes, los suelos del olivar con riego presentaban una mayor degradación físico-química. Además, si bien la aplicación del riego aumenta la producción por hectárea con respecto al régimen de secano, económicamente las parcelas bajo este manejo resultaron menos rentables debido a la diferencia en los precios de venta de aceituna producida y a los gastos de cada tipo de explotación.

Mediante esta investigación se aporta una valiosa información para abordar una gestión de los paisajes socio-ecológicos de olivar que contribuya a alcanzar su máxima sostenibilidad económica y ecológica, considerando una producción razonable con la máxima rentabilidad y los mínimos impactos ambientales posibles. Así, futuras líneas de investigación deberían ir orientadas hacia

la optimización del rendimiento hídrico, con la finalidad de mejorar la eficiencia de este recurso e incrementar la sostenibilidad agraria, además de realizar investigaciones exhaustivas sobre la relación erosión-productividad. Adicionalmente, teniendo en cuenta las restricciones sobre el recurso hídrico previstas en los próximos años debido al cambio climático, deben plantearse medidas que incrementen el rendimiento agrícola en secano, con particular énfasis en ambientes mediterráneos caracterizados por el estrés hídrico y sequía estival.

Agradecimientos: Antonio Alberto Rodríguez Sousa, investigador de la Universidad Complutense de Madrid (UCM) cedido al MED y Universidad de Évora, siendo Investigador Principal del Proyecto ASMO - Análisis comparativo de la Sostenibilidad y Multifuncionalidad Olivarera en dos regiones de la Península Ibérica a través de un enfoque de ecología del paisaje: el Alentejo (Portugal) y el Sureste de Madrid (España),fue apoyado por un Contrato Postdoctoral Margarita Salas para la Formación de Jóvenes Doctores (Convocatoria plurianual para la recualificación del Sistema Universitario Español para 2021-2023; https://www.ucm.es/ct31-21) financiado por la UCM a través del Ministerio de Universidades, Gobierno de España y Unión Europea – NextGenerationEU.



6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adetunji, A. T., Lewu, F. B., Mulidzi, R., Ncube, B. (2017): «The biological activities of β-glucosidase, phosphatase and urease as soil quality indicators: a review», *J Soil Sci Plant Nut*, 17(3), 794-807, doi: 10.4067/S0718-95162017000300018.

AEMO. (2012): «Aproximación a los costes del cultivo del olivo. Cuaderno de conclusiones del seminario AEMO», *Asociación Española de Municipios del Olivo*, *Córdoba, España*, <http://www.webcitation.org/77MCvuNPx> (consulta: 30/3/2022).

Ali, M. H., Talukder, M. S. U. (2008): «Increasing water productivity in crop production—a synthesis», *Agr Water Manage*, 95(11), 1201-1213, doi: 10.1016/j.agwat.2008.06.008.

Berbel, J., Gómez-Limón, J. A. (2000): «The impact of water-pricing policy in Spain: an analysis of three irrigated areas», *Agr Water Manage*, 43(2), 219-238, doi: 10.1016/S0378-3774(99)00056-6.

BOJA (Boletín Oficial de la Junta de Andalucía). (2016): «Pliego de condiciones de la Denominación de Origen Protegida Estepa», *Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, España*, http://www.webcitation.org/77MOBd5Gh (consulta: 05/4/2022).

Bouyoucos, G. J. (1951): «A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils», *Agron J*, 43(9), 434–438, <https://dl.sciencesocieties.org/publications/aj/abstracts/43/9/AJ0430090434> (consulta: 01/4/2022).

COI. (2018): «Cifras aceite de oliva», Consejo Oleícola Internacional, España. <http://www.internationaloliveoil.org> (consulta: 12/4/2022).

Dong, L., Zhang, H., Wang, L., Yu, D., Yang, F., Shi, X., Saleem, H., Akhtar, M. S. (2018): «Irrigation with sediment-laden river water affects the soil texture and composition of organic matter fractions in arid and semi-arid areas of Northwest China», *Geoderma*, 328, 10-19, doi: 10.1016/j.geoderma.2018.05.002.

Duan, X. W., Yun, X., Feng, Y. J., Yin, S. Q. (2009): «Study on the method of soil productivity assessment in black soil region of Northeast China», *Agric Sci China*, 8(4), 472-481, doi: 10.1016/S1671-2927(08)60234-5.

Expósito, A., Berbel, J. (2016): «Microeconomics of deficit irrigation and subjective water response function for intensive olive groves», *Water-SUI*, 8(6), 254, doi: 10.3390/w8060254.

Gómez, J. A., Battany, M., Renschler, C. S., Fereres, E. (2003): «Evaluating the impact of soil management on soil loss in olive orchards», *Soil Use Manage*, 19(2), 127-134, doi: 10.1111/j.1475-2743.2003.tb00292.x.

Gómez, J. A., Infante-Amate, J., De Molina, M. G., Vanwalleghem, T., Taguas, E. V., Lorite, I. (2014): «Olive cultivation, its impact on soil erosion and its progression into yield impacts in Southern Spain in the past as a key to a future of increasing climate uncertainty», *Agriculture*, 4(2), 170-198, doi: 10.3390/agriculture4020170.

Gómez-Calero, J. A. (2010): «Olivar Sostenible: prácticas para una producción sostenible de olivar en Andalucía», *Instituto de Agricultura Sostenible, Centro Superior de Investigaciones Científicas. Córdoba, España*, <https://www.ias.csic.es/sostenibilidad_olivar/BPA_VF_Jan2010.pdf> (consulta: 11/4/2022).

Gómez-Limón, J. A., Berbel, J. (2000): «Multicriteria analysis of derived water demand functions: a Spanish case study», *Agr Syst*, 63(1), 49-72, doi: 10.1016/S0308-521X(99)00075-X.

González, C. G., Lise, A. V., Felpeto, A. B. (2013): *Tratamiento de datos con R, Statistica y SPSS*, Madrid, Ediciones Díaz de Santos.

Gisbert Blanquer, J. M., Ibañez Asensio, S., Moreno Ramón, H. (2012): «El factor K de la ecuación universal de pérdidas de suelo (USLE)», *Universitat Politècnica de València, España*, <https://hdl.handle.net/10251/16850> (consulta: 06/4/2022).

Guzmán Álvarez, J. R. (2004): «Geografía de los paisajes del olivar andaluz», *Sevilla, España*, <http://www.webcitation.org/77MQ7Gu6V> (consulta:10/4/2022).

Helson, O., Beaucour, A. L., Eslami, J., Noumowe, A., Gotteland, P. (2017): «Physical and mechanical properties of soilcrete mixtures: Soil clay content and formulation parameters», *Constr Build Mater*, 131, 775-783, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2016.11.021.

IECA. (2018): «Datos espaciales de referencia de Andalucía (DERA): G17 divisiones administrativas», *Consejería de Economía y Conocimiento de la Junta de Andalucía. España*, <http://www.webcitation.org/77MQd2rHN> (consulta: 01/4/2022).

Kumar, A., Sah, B., Singh, A. R., Deng, Y., He, X., Kumar, P., Bansal, R. C. (2017): «A review of multi criteria decision making (MCDM) towards sustainable renewable energy development», *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69, 596-609, doi: 10.1016/j.rser.2016.11.191.

Laudicina, V. A., Novara, A., Barbera, V., Egli, M., Badalucco, L. (2015): «Long-term tillage and cropping system effects on chemical and biochemical characteristics of soil organic matter in a Mediterranean semiarid environment», *Land Degrad Dev*, 26(1), 45-53, doi: 10.1002/ldr.2293.

Li, L., Du, S., Wu, L., Liu, G. (2009): «An overview of soil loss tolerance», *Catena*, 78(2), 93-99, doi: 10.1016/j.catena.2009.03.007.

López-Pintor, A., Salas, E., Rescia, A. (2018): «Assessment of Agri-Environmental Externalities in Spanish Socio-Ecological Landscapes of Olive Groves», *Sustainability*, 10(8), 2640, doi: 10.3390/su10082640.

López-Piñeiro, A., Albarrán, A., Nunes, J. R., Peña, D., Cabrera, D. (2011): «Long-term impacts of de-oiled two-phase olive mill waste on soil chemical properties, enzyme activities and productivity in an olive grove», *Soil Till Res*, 114(2), 175-182, doi: 10.1016/j.still.2011.05.002.

Loumou, A., Giourga, C. (2003): «Olive groves: "The life and identity of the Mediterranean"», *Agr Hum Values*, 20(1), 87-95, doi: 10.1023/A:1022444005336.

Martínez-Sastre, R., Ravera, F., González, J. A., Santiago, C. L., Bidegain, I., Munda, G. (2017): «Mediterranean landscapes under change: Combining social multicriteria evaluation and the ecosystem services framework for land use planning», *Land Use Policy*, 67, 472-486, doi: 10.1016/j.landusepol.2017.06.001.

Maskooni, E. K., Kompanizare, M., Afzali, S. F. (2017): «Chemical assessment of dam water irrigation effects on groundwater qualities in Bigherd plain, Fars Province, Iran», *Environ Earth Sci*, 76(6), 238, doi: 10.1007/s12665-017-6550-8.

Moreira-Madueño, J. M. (1991): «Capacidad de uso y erosión de suelos. Una aproximación a la evaluación de tierras en Andalucía», *Agencia del Medio Ambiente, Junta de Andalucía. Sevilla, España*, <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Red_informacion_ambiental/productos/Publicaciones/articulos/articulos_pdf/Paralelo.PDF> (consulta: 04/4/2022).

Narayanan, N., Ramamurthy, K. (2000): «Structure and properties of aerated concrete: a review», *Cement Concrete Comp*, 22(5), 321-329, doi: 10.1016/S0958-9465(00)00016-0.

Navajas, J. N., Montesinos, P., Poyato, E. C., Díaz, J. R. (2012): «Impacts of irrigation network sectoring as an energy saving measure on olive grove production», *J Environ Manage*, 111, 1-9, doi: 10.1016/j.jenvman.2012.06.034.

Nunes, J. P., Bernard-Jannin, L., Rodríguez Blanco, M. L., Santos, J. M., Coelho, C. D. O. A., Keizer, J. J. (2018): «Hydrological and erosion processes in terraced fields: observations from a humid Mediterranean region in Northern Portugal», *Land Degrad Dev*, 29(3), 596-606, doi: 10.1002/ldr.2550.

Palese, A. M., Pasquale, V., Celano, G., Figliuolo, G., Masi, S., Xiloyannis, C. (2009): «Irrigation of olive groves in Southern Italy with treated municipal wastewater: effects on microbiological quality of soil and fruits», *Agr Ecosyst Environ*, 129(1-3), 43-51, doi: 10.1016/j.agee.2008.07.003.

Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K., Alewell, C., Lugato, E., Montanarella, L. (2015): «Estimating the soil erosion cover-management factor at the European scale», *Land Use Policy*, 48, 38-50, doi: 10.1016/j.landusepol.2015.05.021.

Parra-Lopez, C., Calatrava-Requena, J., de-Haro-Gimenez, T. (2007): «A multi-criteria evaluation of the environmental performances of conventional, organic and integrated olive-growing systems in the south of Spain based on experts' knowledge», *Renew Agr Food Syst*, 22(3), 189-203, doi: 10.1017/S1742170507001731.

Ramankutty, N., Mehrabi, Z., Waha, K., Jarvis, L., Kremen, C., Herrero, M., Rieseberg, L. H. (2018): «Trends in global agricultural land use: implications for environmental health and food security», *Annu Rev Plant Bio*, 69, 789-815, doi: 10.1146/annurev-arplant-042817-040256.

Ribeiro, H., Abreu, I., Cunha, M. (2017): «Olive crop-yield forecasting based on airborne pollen in a region where the olive groves acreage and crop system changed drastically», *Aerobiologia*, 33(4), 473-480, doi: 10.1007/s10453-017-9483-5.

Rodríguez-Pleguezuelo, C. R., Zuazo, V. D., Fernandez, J. M., Peinado, F. M., Tarifa, D. F. (2009): «Litter decomposition and nitrogen release in a sloping Mediterranean subtropical agroecosystem on the coast of Granada (SE, Spain): effects of floristic and topographic alteration on the slope», *Agr Ecosyst Environ*, 134(1-2), 79-88, doi: 10.1016/j.agee.2009.05.019.

Rong, Y., Xuefeng, W. (2011): «Effects of nitrogen fertilizer and irrigation rate on nitrate present in the profile of a sandy farmland in Northwest China», *Procedia Environ Sci*, 11, 726–732, doi: 10.1016/j.proenv.2011.12.113.

RStudio. (2009-2014): «RStudio version 0.98.1102. Open source and enterprise-ready professional software for R», *Inc., Boston, MA, United States*, <https://www.rstudio.com/products/RStudio/> (consulta: 01/4/2022).

Sayadi, S., Erraach, Y., Parra-López, C. (2017): «Translating consumer's olive-oil quality-attribute requirements into optimal olive-growing practices: A quality function deployment (QFD) approach», *Brit Food J*, 119(1), 190-214, doi: 10.1108/BFJ-05-2016-0228.

SIOSE. (2011): «Plan Nacional para la observación del territorio: Sistema de información sobre los usos del suelo en España», *Sistema de Información sobre Ocupación de Suelo de España, España*, <www.siose.es> (consulta: 02/4/2022).

Soriano, M. A., Alvarez, S., Landa, B. B., Gomez, J. A. (2014): «Soil properties in organic olive orchards following different weed management in a rolling landscape of Andalusia, Spain», *Renew Agr Food Syst*, 29(1), 83-91, doi: 10.1017/S1742170512000361.

Stadler, A., Rudolph, S., Kupisch, M., Langensiepen, M., van der Kruk, J., Ewert, F. (2015): «Quantifying the effects of soil variability on crop growth using apparent soil electrical conductivity measurements», *Eur J Agron*, 64, 8-20, doi: 10.1016/j.eja.2014.12.004.

Taguas, E. V., Gómez, J. A. (2015): «Vulnerability of olive orchards under the current CAP (Common Agricultural Policy) regulations on soil erosion: a study case in Southern Spain», *Land Use Policy*, 42, 683-694, doi: 10.1016/j.landusepol.2014.09.001.

Vaezi, A. R., Hasanzadeh, H., Cerdà, A. (2016): «Developing an erodibility triangle for soil textures in semi-arid regions, NW Iran», *Catena*, 142, 221-232, doi: 10.1016/j.catena.2016.03.015.

Van Zanten, B. T., Verburg, P. H., Espinosa, M., Gomez-y-Paloma, S., Galimberti, G., Kantelhardt, J., Kapfer, M., Lefebvre, M., Manrique, R., Piorr, A., Raggi, M., Schaller, L., Targetti, S., Zasada, I., Viaggi, D. (2014): «European agricultural landscapes, common agricultural policy and ecosystem services: a review», *Agron Sustain Dev*, 34(2), 309-325, doi: 10.1007/s13593-013-0183-4 .

Villanueva, A. J., Gómez-Limón, J. A., Arriaza, M., Nekhay, O. (2014): «Analysing the provision of agricultural public goods: The case of irrigated olive groves in southern Spain», *Land Use Policy*, 38, 300-313, doi: 10.1016/j.landusepol.2013.11.018.

Wischmeier, W. H., Smith, D. D. (1960): «A universal soil-loss equation to guide conservation farm planning», *Soil Sci*, 1, 418-425, record number: 19621901607.

Zhou, H., Niu, X., Yan, H., Zhao, N., Zhang, F., Wu, L., Yin, D., Kjelgren, R. (2019): «Interactive Effects of Water and Fertilizer on Yield, Soil Water and Nitrate Dynamics of Young Apple Tree in Semiarid Region of Northwest China», *Agronomy*, 9, 360, doi: 10.3390/agronomy9070360.

Zuazo, V. H. D., Pleguezuelo, C. R. R. (2009): «Soil-Erosion and Runoff Prevention by Plant Covers: A Review», *Agron Sustain Dev*, 28(1), 65-86, doi: 10.1007/978-90-481-2666-8_48.

EVALUACIÓN MULTIFUNCIONAL DE LA AGRICULTURA INTEGRADA Y ORGÁNICA EN PAISAJES DE OLIVAR DEL SUROESTE DE ESPAÑA A TRAVÉS DE UN ANÁLISIS DE PROCESOS JERÁRQUICOS

Rodríguez Sousa, Antonio Alberto. Universidad Complutense de Madrid, España, antonr05@ucm.es. MED – Mediterranean Institute for Agriculture, Environment and Development, Universidad de Évora, Portugal, aars@uevora.pt

Parra López, Carlos. Departamento de Economía de la Cadena Alimentaria, Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA), Granada, carlos.parra@juntadeandalucia.es

Sayadi Gmada, Samir. Departamento de Economía de la Cadena Alimentaria, Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA), Granada, samir.sayadi@juntadeandalucia.es

Barandica Fernández, Jesús M. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Complutense de Madrid, España, jmbarand@ucm.es

Rescia Perazzo, Alejandro J. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Complutense de Madrid, España, alejo296@bio.ucm.es

RESUMEN: Considerando a los olivares como paisajes socio-ecológicos mediterráneos, es preciso destacar su extensión en España, donde representan más de 2,50 millones de hectáreas (M ha) de la Superficie Agrícola Útil (SAU). Concretamente, en Andalucía (sur de España) se concentran más de 1,50 M ha de estos cultivos, donde destaca su multifuncionalidad debido a su contribución a la economía regional, su generación de empleo y su aporte de servicios ecosistémicos (SE). Aunque tradicionalmente estos cultivos han presentado una gestión convencional, la multifuncionalidad de estos sistemas está siendo promovida a través del reconocimiento de sus SE no productivos. El objetivo de este trabajo consiste en comparar, a través del análisis de diferentes indicadores económicos, sociales y ambientales, las gestiones olivareras integrada y orgánica presentes en la Denominación de Origen Protegida (DOP) Estepa, en Sevilla (Andalucía, España). Mientras en la agricultura integrada se permite el empleo de agroquímicos de forma controlada por agencias técnicas y la adición de riego deficitario, en la agricultura orgánica predomina un régimen de secano donde solamente se permite la adición de abonos naturales. Se evaluó el comportamiento multifuncional del olivar del área de estudio a través de un modelo de Análisis de Procesos Jerárquicos (AHP). Los resultados evidenciaron una mayor valoración general hacia la satisfacción de las demandas sociales por parte de la agricultura orgánica, obteniendo dicha gestión ponderaciones superiores en todos los indicadores analizados, exceptuando la renta agraria y la riqueza de lepidópteros, debido al carácter incipiente de este modelo en la DOP Estepa. Así, la implantación de prácticas relacionadas con la gestión orgánica del olivar promueve una

superior multifuncionalidad de estos sistemas, siendo fundamental que las políticas multiescalares consideren el valor de las externalidades ambientales positivas de este tipo de gestión para favorecer su implantación y contribuir positivamente a la sostenibilidad del olivar en Andalucía.

PALABRAS CLAVE: Demandas sociales, Indicadores ambientales, Modelos de toma de decisión multicriterio, Renta agraria, Sector olivarero

ABSTRACT: Taking olive groves as Mediterranean socio-ecological landscapes, it is necessary to highlight their extension in Spain, where they represent more than 2.50 million hectares (M ha) of the Useful Agricultural Area (UAA). Specifically, in Andalusia (southern Spain) there are more than 1.50 M ha of these crops, where their multifunctionality stands out due to their contribution to the regional economy, their generation of employment and their provision of ecosystem services (ES). Although these crops have traditionally been conventionally managed, the multifunctionality of these systems is being promoted through the recognition of their non-productive ES. The aim of this work is to compare, through the analysis of several economic, social and environmental indicators, the integrated and organic olive management present in the Protected Designation of Origin (PDO) Estepa, in Seville (Andalusia, Spain). While in integrated agriculture the use of agrochemicals and irrigation is allowed in a controlled way by technical agencies, in organic agriculture a rainfed regime predominates where only the addition of natural fertilisers is authorised. The multifunctional behaviour of the olive grove in the study area was evaluated using an Analytic Hierarchy Process (AHP) model. The results showed a higher valuation towards the satisfaction of social demands by organic agriculture, with this management obtaining higher weights in all the indicators analysed, except for farm income and lepidopteran richness, due to the incipient nature of this model in the PDO Estepa. Thus, the implementation of practices related to organic olive grove management promotes greater multifunctionality of these systems, and it is essential that multi-scale policies consider the value of the positive environmental externalities of this type of management in order to encourage its implementation and make a positive contribution to the sustainability of olive groves in Andalusia.

KEYWORDS: Environmental indicators, Farm income, Multi-criteria decision making models, Olive-growing sector, Social demands

1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

La gestión de los olivares se ha visto intensificada en las últimas décadas con la finalidad de satisfacer la creciente demanda de alimentos (Vanwalleghem *et al.* 2017). Dichos sistemas conforman cultivos extensivos mediterráneos. En el caso de Europa, de los 175 M ha de Superficie Agrícola Útil (SAU), 5 M ha corresponden a cultivos olivareros, configurando paisajes socio-ecológicos (EUROSTAT, 2018). En España, el olivar es un cultivo esencial que representa el 50% de

la superficie olivarera mediterránea (i.e. más de 1,5 M ha en Andalucía, región del sur de España). Consecuentemente, durante las décadas de 1980 y 1990, algunas explotaciones se adaptaron a las nuevas demandas sociales intensificando su gestión, mientras que otros agricultores abandonaron sus explotaciones, especialmente en el caso de parcelas situadas en zonas marginales (Duarte *et al*. 2008). Estas dos tendencias conllevaron consecuencias sociales y económicas, además de dar lugar a la manifestación de efectos ambientales indeseables. Ante esta situación, surgieron formas más sostenibles de gestión. Por un lado, surgió un tipo de gestión integrada que permite el uso de fertilizantes químicos controlados por Agencias Técnicas de Control y la implementación de riego deficitario. Por otro lado, recientemente ha tomado importancia el modelo de agricultura orgánica, haciendo uso de fertilizantes no sintéticos (Zuazo *et al*. 2009).

A nivel institucional, se ha apoyado el desarrollo de estos modelos de gestión, basados en la prestación de servicios ecosistémicos (SE) hacia la sociedad (Parras-Alcántara *et al*. 2016). Aunque la principal función de los cultivos olivareros es el suministro de servicios de abastecimiento, adicionalmente se reconoce la contribución de estos sistemas a la provisión de servicios de regulación (i.e. capacidad de retención de carbono o control de la erosión, entre otros); socio-culturales, por la generación de empleo; y servicios transversales, por el carácter de estos paisajes ecológicos como reservorios de agrobiodiversidad.

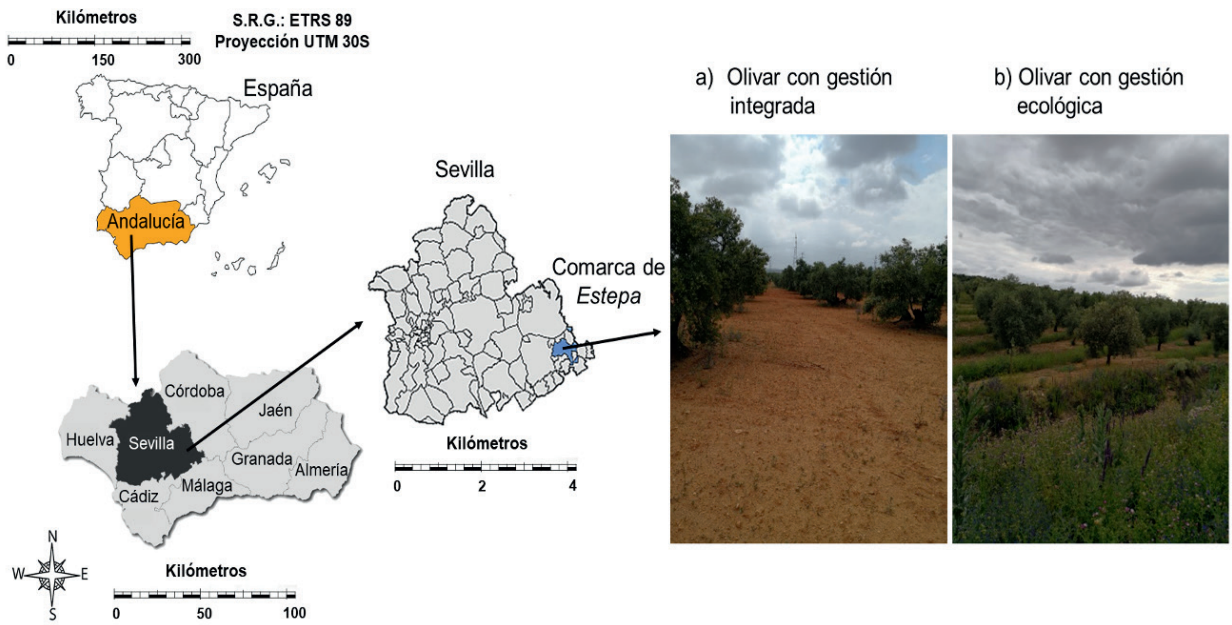
Diversas metodologías pueden emplearse para evaluar la sostenibilidad agrícola, destacando la Metodología de Análisis de Toma de Decisión Multicriterio, que incorpora las consideraciones de los actores sociales en los procesos de toma de decisión (Miglietta *et al*. 2019). En el presente estudio se desarrolló un modelo multicriterio con la finalidad de evaluar la multifuncionalidad del cultivo olivarero de la región de Estepa, en Sevilla (Andalucía, España). Dado que en Estepa sólo se lleva a cabo la gestión integrada y ecológica del olivo, se realizó un análisis comparativo entre dichas gestiones. Se escogió el empleo de un modelo de Análisis de Procesos Jerárquicos (AHP), siendo el objetivo final alcanzar una comparación racional de las alternativas que responden de manera diferente a la integración de los indicadores ambientales y socioeconómicos, evaluando su relación con las demandas de la sociedad sobre la agricultura a través de los conocimientos de expertos.

2. METODOLOGÍA

2.1. Área de estudio

Se escogió, como sistema socio-ecológico de estudio, al olivar de la Denominación de Origen Protegida (DOP) *Estepa*, en Sevilla (Andalucía, España), que cuenta con 39.694 hectáreas (ha) de olivar (Figura 1).

Figura 1. Localización del área de estudio (gestión olivarera integrada y orgánica).



Fuente: elaboración propia.

Presenta un clima mediterráneo, con precipitaciones de 400-500 mm año^{-1}. Los olivares, cuya densidad oscila entre 100-500 árboles ha^{-1}, se sitúan sobre suelos de textura franca. La gestión agrícola predominante en esta DOP es la olivicultura integrada de secano (i.e. 95% de la superficie), existiendo 500 ha con manejo orgánico (BOJA, 2016).

2.2. Datos para el análisis de procesos jerárquicos

2.2.1. Subindicadores ambientales

Los olivares se cartografiaron acorde a su gestión (integrada u orgánica). A través de muestras experimentales e información cartográfica (Gómez *et al.*, 2003) se estimaron los diferentes factores del modelo USLE-RUSLE (Wischmeier y Smith, 1960), cuantificando las pérdidas anuales de suelo para la Comarca de Estepa (Tabla 1).

Tabla 1. Estados erosivos del olivar de Estepa. Se estima la pérdida de suelo (A) en función de la erosividad de la lluvia (R), erodabilidad del suelo (K), pendiente del territorio (LS), coberturas edáficas (C) y prácticas de control erosivo (P).

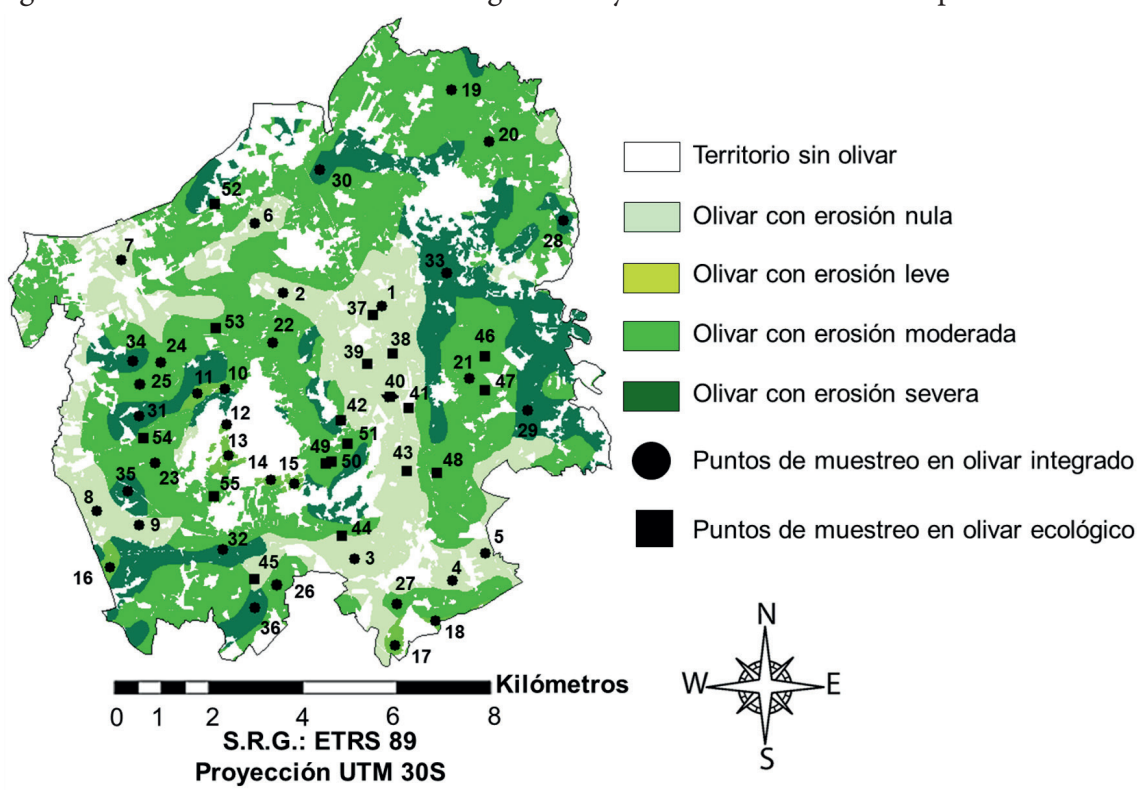
Gestión	*Estado erosivo*	*Factores*					*A*
		R (J ha^{-1})	*K (Mg J^{-1})*	*LS*	*C*	*P*	*(t ha^{-1} año^{-1})*
Integrada	Nulo	109,7	0,82	0,00 (0%)	0,16	1	---
	Leve	109,7	0,89	0,18 (3%)	0,16	1	2,81
	Moderado	109,7	0,56	0,70 (7%)	0,16	1	6,88
	Severo	109,7	0,95	2,20 (15%)	0,16	1	36,68
Orgánica	Nulo	109,7	0,82	0,00 (0%)	0,06	1	---
	Moderado	109,7	0,56	0,70 (7%)	0,06	1	2,58

Fuente: elaboración propia.

Para el olivar con gestión integrada se detectaron parcelas en todos los estados erosivos. Para el olivar orgánico solamente se ubicaron parcelas con erosión nula o moderada (i.e. 6 tratamientos). Se analizaron 9 parcelas por tratamiento, excepto para el olivar orgánico con erosión moderada, donde se muestrearon 10 parcelas, obteniendo un tamaño muestral de n = 55 parcelas (Figura 2).

Se obtuvieron, en cada parcela, 3 muestras de suelo con una sonda de peso y volumen fijo. Las muestras se secaron a 105 ºC 24 horas, tamizándose a 2 mm. Sobre dicha fracción, se estimó la materia orgánica edáfica por colorimetría (Caravaca *et al*., 2002). Adicionalmente se recogieron muestras de hojarasca para calcular su contenido en carbono. Adaptando la metodología de Gómez *et al*. (2018), mediente el empleo de cuadrados de 25 x 25 cm, se muestreó la cobertura vegetal del territorio y su diversidad (i.e. índice de Shannon), además de la riqueza en gramíneas y leguminosas. Finalmente, se estimó la riqueza de mariposas diurnas siguiendo el protocolo BMS (Butterfly Monitoring Scheme).

Figura 2. Diseño muestral acorde a las gestiones y estados erosivos de Estepa.



Fuente: elaboración propia.

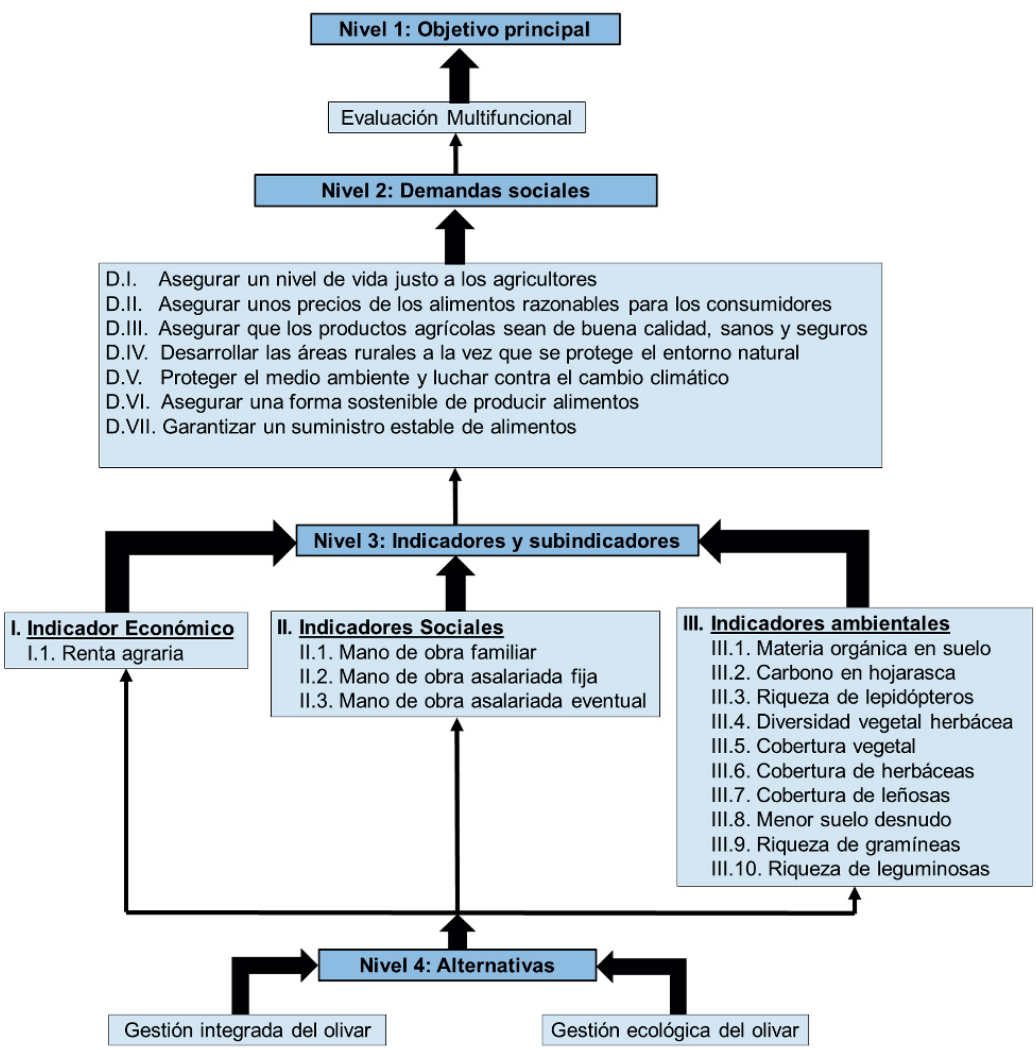
2.2.2. Subindicadores sociales y económicos

Dicha información se recopiló en base a encuestas y entrevistas realizadas a cada propietario de las parcelas muestreadas, donde se adquirió información respecto a la renta agraria como subindicador económico, y la mano de obra empleada en cada parcela como subindicador social.

2.3. Evaluación del olivar mediante Análisis de Procesos Jerárquicos (AHP)

El Análisis de Procesos Jerárquicos (i.e. AHP) es una metodología que permite tomar decisiones complejas a partir de la creación de modelos sencillos (Forman y Selly 2001). AHP se basa en priorizar alternativas acorde a su grado de contribución con respecto a un conjunto de indicadores y subindicadores cuya contribución final al modelo debe sumar 1 (Baudry *et al*. 2018). El objetivo del modelo propuesto fue determinar qué tipo de gestión olivarera del área de estudio presentó una mejor adecuación multifuncional en función de las demandas de la sociedad para con los sistemas agrícolas (CE, 2016). Se ejecutó un diseño no balanceado entre el número de subindicadores dentro de cada indicador (Figura 3).

Figura 3. Modelo AHP diseñado para la región de Estepa.



Fuente: elaboración propia.

Para la evaluación del modelo, siguiendo la metodología Delphi, la contribución de cada indicador y subindicador sobre las demandas sociales se evaluó en base a la realización de 24 encuestas a expertos del sector olivicultor. Así, se empleó un sistema de puntuación directa, donde la influencia de un elemento sobre otro se obtiene utilizando una escala de calificación que oscila entre 1 (i.e. influencia muy débil) y 9 (i.e. influencia muy fuerte) (Carmona-Torres *et al.* 2014). Se partió de un supuesto equitativo en cuanto a las prioridades locales (ωL) de los tres grandes grupos de indicadores evaluados (i.e. económico, social y ambiental), asumiendo su igual contribución en la satisfacción de las demandas sociales. Al partir de un diseño no balanceado, esta asunción permite ponderar de forma equitativa cada indicador de forma independiente, sin que su prioridad se vea sesgada por el número de subindicadores evaluados. Las gestiones olivareras estudiadas deben ser priorizadas acorde a su grado de satisfacción sobre el objetivo final de agricultura multifuncional (i.e. prioridades globales, ωG), o cualquier nodo intermedio del modelo (i.e. prioridades finales, ωF). Acorde al criterio de Saaty y Vargas (2012), las prioridades finales de las alternativas en un criterio pueden ser calculadas mediante la suma ponderada de los elementos que dependen de ella (Forman y Selly 2001).

Finalmente, se empleó el método de Agregación de Prioridades Individuales para unificar las opiniones de los expertos consultados, asumiendo que los miembros del grupo actúan de forma individual (Parra-López *et al.*, 2008). De este modo se implementó un índice de acuerdo global relativo (RGA) como estimación del grado de acuerdo entre expertos. Aunque los valores del índice RGA pueden oscilar entre 0 e ∞, lo relevante de su aplicación es el orden jerárquico de los nodos acorde a los valores del índice (Parra-López *et al.* 2008). Por ello, el RGA se clasificó en tres categorías con, aproximadamente, el mismo número de nodos acorde a los valores medios de los percentiles del índice: PRGA 1/3 y PRGA 2/3. De este modo, la clasificación en percentiles establecería nodos con tres niveles de acuerdo entre expertos: 1) bajo; 2) medio; y 3) elevado.

3. RESULTADOS

3.1. Comportamiento de las gestiones del olivar (indicadores y subindicadores)

A partir del análisis de las muestras experimentales y las encuestas realizadas, se calcularon las medias y errores estándar para cada variable en cada alternativa del modelo diseñado (Tablas 2 y 3).

Conforme se incrementó la magnitud de los procesos erosivos, se evidenció una disminución gradual de la renta agraria. Mientras que el descenso en la renta observado para la gestión integrada fue del 33,51%, para la gestión orgánica fue del 9,69%. En términos sociales, el incremento de erosión en la gestión integrada supuso un aumento en la necesidad de mano de obra general del 49%, viéndose especialmente incrementada la mano de obra familiar y asalariada eventual. Por otro lado, para el olivar orgánico, el aumento en la mano de obra necesaria para la gestión de las parcelas con mayor erosión fue del 20,56%.

Tabla 2. Media (X) de las variables analizadas en la gestión integrada acorde a la erosión.

Variable (unidad)	*Gestión integrada del olivar*			
	Erosión nula	*Erosión leve*	*Erosión moderada*	*Erosión severa*
	X	*X*	*X*	*X*
Renta agraria (€ ha^{-1})	1418,98	1377,95	1277,75	943,52
Mano de obra familiar (personas año^{-1})	0,00	1,00	4,00	7,00
Mano de obra asalariada fija (personas año^{-1})	2,00	5,00	1,00	0,00
Mano de obra asalariada eventual (personas año^{-1})	47,00	57,00	58,00	66,00
Materia orgánica en suelo (%)	3,70	2,90	2,31	1,22
Carbono en hojarasca (%)	49,54	43,24	41,12	34,82
Riqueza de lepidópteros (Nº especies)	4,33	2,50	1,21	0,00
Diversidad vegetal (bits)	1,60	1,55	1,50	0,95
Cobertura vegetal (%)	50,49	30,00	27,02	6,53
Cobertura herbáceas (%)	50,21	29,76	26,98	6,53
Cobertura leñosas (%)	0,28	0,24	0,04	0,00
Suelo desnudo (%)	49,51	70,00	72,98	93,27
Riqueza gramíneas (Nº especies)	2,20	0,38	0,30	0,00
Riqueza leguminosas (Nº especies)	1,18	0,20	0,00	0,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Media (X) de las variables analizadas en la gestión orgánica acorde a la erosión.

Variable (unidad)	*Gestión orgánica del olivar*	
	Erosión nula	*Erosión moderada*
	X	*X*
Renta agraria (€ ha^{-1})	1215,98	1098,12
Mano de obra familiar (personas año^{-1})	9,00	15,00
Mano de obra asalariada fija (personas año^{-1})	5,00	11,00
Mano de obra asalariada eventual (personas año^{-1})	93,00	103,00
Materia orgánica en suelo (%)	3,91	2,67
Carbono en hojarasca (%)	53,78	50,12
Riqueza de lepidópteros (Nº especies)	2,60	0,30
Diversidad vegetal (bits)	2,15	2,05
Cobertura vegetal (%)	71,91	43,55
Cobertura herbáceas (%)	69,90	42,14
Cobertura leñosas (%)	2,01	1,41
Suelo desnudo (%)	28,09	56,45
Riqueza gramíneas (Nº especies)	2,73	0,67
Riqueza leguminosas (Nº especies)	2,32	0,98

Fuente: elaboración propia.

Ambientalmente, en los olivares integrados se observaron decrementos del 76,78% y 29,71% en el contenido en materia orgánica del suelo y carbono en la hojarasca respectivamente, junto con una pérdida total de lepidópteros diurnos en parcelas de erosión severa. La diversidad vegetal se redujo en un 40,62%, y la presencia de coberturas edáficas descendió en un 87,07%, disminuyendo la presencia de plantas herbáceas en un 87%. Como contraparte, el porcentaje de suelo desnudo se vio incrementado en un 47,24%. Finalmente, en parcelas de estado erosivo severo, la riqueza de herbáceas gramíneas y leguminosas fue nula. Por otro lado, en el olivar orgánico, las pérdidas de

materia orgánica edáfica y de carbono en la hojarasca fueron del 31,71% y 6,81% respectivamente. La riqueza de lepidópteros presentó un brusco descenso del 88,46%, mientras que la diversidad vegetal disminuyó en un 4,65% para parcelas de erosión moderada. La presencia de coberturas vegetales disminuyó en parcelas más erosionadas en un 39,44%, incrementándose la representatividad de suelo desnudo en un 50,24%. Por último, la riqueza de gramíneas y leguminosas también se vio afectada negativamente por los procesos erosivos, reduciéndose en un 75,46% y 57,76%.

Para la ejecución del modelo de Análisis de Procesos Jerárquicos se recopiló toda la variabilidad existente dentro de cada gestión olivarera analizada en cuanto a sus estados erosivos, siendo el objetivo principal de esta investigación compararla multifuncionalidad de cada alternativa presente en el área de estudio. Adicionalmente se ejecutó un test de comparación de medias para cada variable analizada entre las gestiones olivareras estudiadas para discernir si las diferencias observadas eran significativas (Tabla 4).

Tabla 4. Media (X) y error estándar (ES) de las variables para cada alternativa. Se adjuntan los p-valores resultantes de los test estadísticos ($p > 0,05$: no significativo; $p < 0,05$*: significativo; $p < 0,01$**: muy significativo; $p < 0,001$***: altamente significativo).

Variable (unidad)	*Gestión integrada*		*Gestión ecológica*		*p-valor*
	$\bar{x}$	*ES*	$\bar{x}$	*ES*	
Renta agraria (€ ha^{-1})	1254,55	315,03	1157,05	258,93	0,115
Mano de obra familiar (personas $año^{-1}$)	4,00	1,77	12,00	2,99	0,000***
Mano de obra asalariada fija (personas $año^{-1}$)	2,00	1,47	8,00	6,02	0,000***
Mano de obra asalariada eventual (personas $año^{-1}$)	57,00	4,51	98,00	5,55	0,000***
Materia orgánica en suelo (%)	2,28	0,97	3,29	0,87	0,000***
Carbono en hojarasca (%)	42,18	3,68	51,95	1,83	0,000***
Riqueza de lepidópteros (Nº especies)	2,01	1,16	1,45	1,15	0,015*
Diversidad vegetal (bits)	1,40	0,05	2,10	0,05	0,000***
Cobertura vegetal (%)	28,51	10,99	57,73	14,18	0,000***
Cobertura herbáceas (%)	28,37	10,47	56,02	13,16	0,000***
Cobertura leñosas (%)	0,14	0,05	1,71	0,30	0,000***
Suelo desnudo (%)	71,49	9,95	42,27	12,21	0,000***
Riqueza gramíneas (Nº especies)	0,72	0,74	1,70	1,03	0,000***
Riqueza leguminosas (Nº especies)	0,30	0,52	1,65	0,67	0,000***

Fuente: elaboración propia.

Aunque no se observaron diferencias significativas para la renta agraria, la gestión orgánica sí generó una mayor cantidad significativa de empleo. En cuanto a variables ambientales, se observó una diferencia altamente significativa para el contenido en materia orgánica del suelo y la hojarasca entre ambas gestiones, siendo menor su contenido bajo el manejo integrado. La gestión integrada evidenció una mayor riqueza media de lepidópteros por parcela. La diversidad vegetal mostró diferencias altamente significativas, siendo mayor bajo el cultivo orgánico. La cobertura vegetal también presentó diferencias altamente significativas entre las dos gestiones olivareras

analizadas, siendo superior su presencia bajo el manejo orgánico, al igual que el porcentaje de herbáceas y leñosas, disminuyendo la cantidad de suelo desnudo. Por último, se observaron diferencias altamente significativas en cuanto a la riqueza media de gramíneas y leguminosas entre ambas oliviculturas estudiadas, presentando dichos indicadores valores más elevados en el olivar orgánico.

Para la implementación de los subindicadores en el modelo diseñado, los datos experimentales fueron normalizados. Es decir, dentro de cada variable, el rendimiento de las dos alternativas debe sumar 1, ocurriendo lo mismo para las prioridades locales de cualquier nodo del modelo. La Tabla 5 muestra las prioridades relativas de cada indicador y subindicador junto al comportamiento de las dos alternativas de gestión.

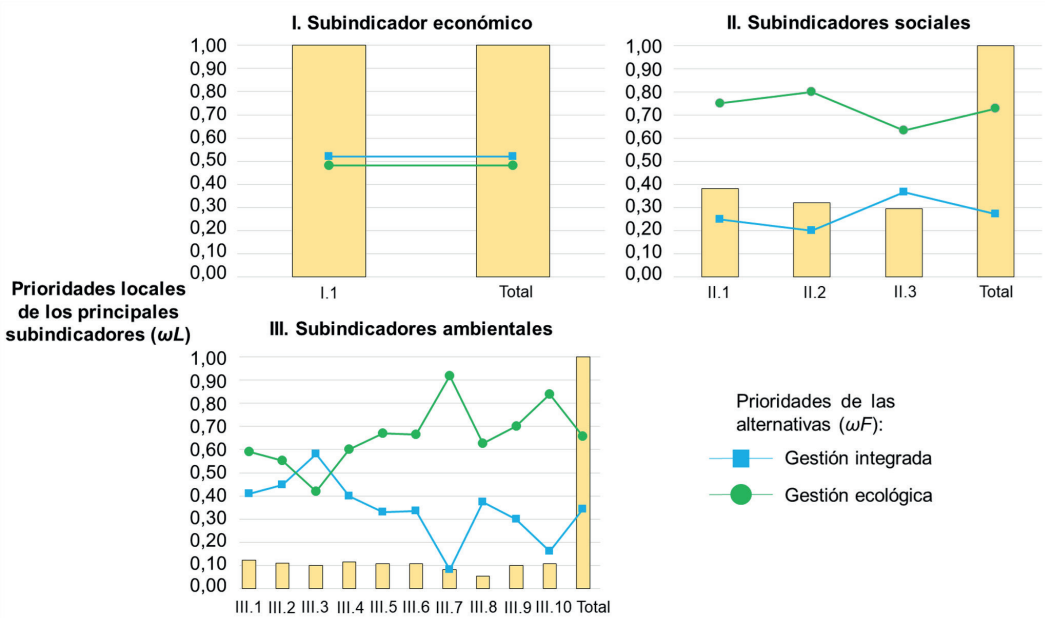
Tabla 5. Prioridades de los subindicadores, indicadores, y sus alternativas.

Nodos del modelo	*Prioridades de los indicadores*	*Prioridades de las alternativas*	
		Gestión integrada	*Gestión orgánica*
I. Indicadores económicos	0,333	0,520	0,480
I.1. Mayor renta agraria	1,000	0,520	0,480
II. Indicadores sociales	0,333	0,270	0,730
II.1. Mayor mano de obra familiar	0,382	0,250	0,750
II.2. Mayor mano de obra asalariada fija	0,322	0,200	0,800
II.3. Mayor mano de obra asalariada eventual	0,296	0,368	0,632
III. Indicadores ambientales	0,333	0,342	0,658
III.1. Mayor materia orgánica en suelo	0,122	0,409	0,591
III.2. Mayor carbono en hojarasca	0,110	0,448	0,552
III.3. Mayor riqueza de lepidópteros	0,099	0,580	0,420
III.4. Mayor diversidad vegetal	0,115	0,400	0,600
III.5. Mayor cobertura vegetal	0,108	0,331	0,669
III.6. Mayor cobertura de herbáceas	0,106	0,336	0,664
III.7. Mayor cobertura de leñosas	0,080	0,080	0,920
III.8. Menor suelo desnudo	0,053	0,372	0,628
III.9. Mayor riqueza de gramíneas	0,100	0,300	0,700
III.10. Mayor riqueza de leguminosas	0,107	0,160	0,840

Fuente: elaboración propia.

La influencia los subindicadores para con las demandas sociales fue lineal positiva, excepto: 1) III.4. Diversidad vegetal, variable en bits cuya influencia sobre el nivel jerárquico superior fue exponencial con base 2 (ωL = 2 bits); y 2) III.8. Suelo desnudo, presentando dicha variable una relación negativa con las demandas sociales (ωL = 1 - % Suelo desnudo), siendo el criterio de este subindicador "Menor suelo desnudo". Aunque la gestión integrada obtuvo un mayor valor normalizado para la renta agraria, la gestión orgánica mostró un comportamiento superior en todos los subindicadores sociales y ambientales evaluados, con la excepción de la riqueza de lepidópteros (Figura 4).

Figura 4. Comportamientos de las gestiones olivareras estudiadas en cada subindicador.

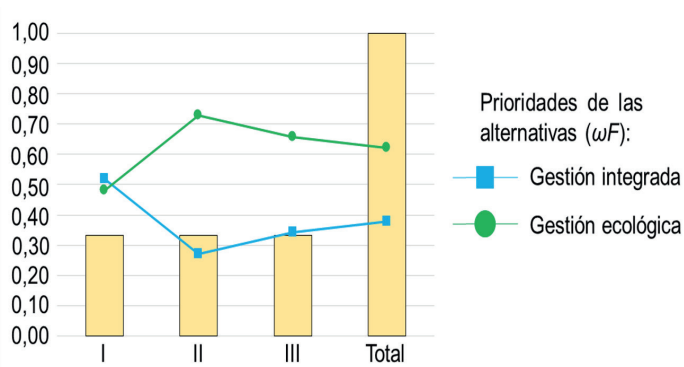


Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, en la Figura 5 se evidencian las prioridades locales de los tres indicadores principales del modelo, junto con las prioridades de cada alternativa evaluada para dichos grupos. Mientras que la gestión integrada del olivar presentó una ponderación superior al ecológico en el aspecto económico, la gestión ecológica evidenció valores superiores en los aspectos social y ambiental.

Por tanto, los valores medios indican un comportamiento superior del olivar ecológico en términos de gestión multifuncional (ωF = 0,623), frente a la gestión integrada (ωF = 0,377).

Figura 5. Comportamientos de las gestiones olivareras estudiadas (i.e. gestión integrada y ecológica) en los indicadores del modelo: I) indicador económico; II) indicadores sociales; III) indicadores ambientales. Se muestran además los valores totales para todos los indicadores especificando la media de cada alternativa



Fuente: elaboración propia.

3.2. Análisis de las demandas sociales y valoración del rendimiento global del modelo

En la Tabla 6 se presentan las prioridades de las alternativas del modelo en cuanto al grado de satisfacción de las diferentes demandas sociales, así como a nivel de gestión agrícola multifuncional global. Se indica, además, el nivel de acuerdo entre expertos (índice RGA).

Tabla 6. Prioridades del modelo AHP para el caso de estudio y resultados del índice de acuerdo entre expertos RGA, cuyos límites de segmentación fueron: PRGA 1/3 = 12,426; PRGA 2/3 = 23,186.

Nodos del modelo de análisis de procesos jerárquicos	Prioridades de los nodos	Prioridades de las alternativas		Acuerdo entre expertos	
		Gestión integrada	Gestión orgánica	Índice RGA	Grado de acuerdo
Objetivo principal: Multifuncionalidad	1,000	0,379	0,621	18,23	••
D.I. Nivel de vida justo a los agricultores	0,173	0,380	0,620	23,18	••
D.II. Precios razonables	0,170	0,380	0,620	10,73	•
D.III. Productos agrícolas seguros	0,150	0,380	0,620	12,42	•
D.IV. Desarrollar las áreas rurales	0,137	0,376	0,624	8,84	•
D.V. Proteger el medio ambiente	0,132	0,379	0,621	19,06	••
D.VI. Forma sostenible de producción	0,126	0,376	0,624	29,81	•••
D.VII. Suministro estable de alimentos	0,103	0,380	0,620	23,58	•••

Fuente: elaboración propia.

El sistema de agricultura orgánica presentó ponderaciones superiores para todas las demandas sociales en comparación con la gestión integrada del olivar en la Comarca de Estepa. Las demandas relacionadas con una producción sostenible y un suministro estable de alimentos mostraron el mayor grado de acuerdo entre expertos (RGA: 29,819 y 23,586 respectivamente).

A nivel general, y con un nivel medio de acuerdo entre expertos (RGA: 18,238), el valor medio de la contribución del olivar integrado a un modelo de agricultura multifuncional que satisfaga las demandas sociales fue de ωF = 0,379, evidenciándose un comportamiento superior de la gestión olivarera orgánica (ωF = 0,621).

3.3. Análisis de sensibilidad del modelo

Tomando como principal limitación del modelo generado la asunción sobre la equitatividad de las prioridades de los tres grupos de indicadores evaluados (i.e. económico, social y ambiental), se realizaron simulaciones alternativas variando dichos criterios de ponderación. De este modo, se evaluó la estabilidad y fiabilidad del modelo diseñado (Saisana *et al.* 2005). Así, mientras que en el modelo principal se asumió una prioridad local equitativa para cada grupo de indicadores (ωL: 0.333), se generaron adicionalmente diferentes escenarios en los cuales se ponderó cada indicador con diferentes pesos locales (Tabla 7): a) ωL: 0,200; b) ωL: 0,400; c) ωL: 0,600; d) ωL: 0,800.

Tabla 7. Prioridades locales para cada indicador (ωL) dentro de cada conjunto de escenarios simulados junto con las prioridades de las alternativas evaluadas (ωF)

Escenario	*Prioridades de los grupos de indicadores*			*Prioridades de las alternativas*	
	I. Económico	*II. Social*	*III. Ambiental*	*Gestión integrada*	*Gestión ecológica*
Económico	**0,200**	0,400	0,400	0,351	0,649
	0,400	0,300	0,300	0,393	0,607
	0,600	0,200	0,200	0,435	0,565
	0,800	0,100	0,100	0,478	0,522
Social	0,400	**0,200**	0,400	0,401	0,599
	0,300	**0,400**	0,300	0,368	0,632
	0,200	**0,600**	0,200	0,335	0,665
	0,100	**0,800**	0,100	0,302	0,699
Ambiental	0,400	0,400	**0,200**	0,385	0,615
	0,300	0,300	**0,400**	0,376	0,624
	0,200	0,200	**0,600**	0,366	0,634
	0,100	0,100	**0,800**	0,357	0,643

Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que para la generación de estos escenarios alternativos se tuvieron en cuenta dos asunciones: a) equitatividad en cuando a las ponderaciones del resto de grupos de indicadores en cada escenario diseñado; y b) principio conservativo en cuanto al resto de prioridades del modelo, considerando constantes las opiniones de los expertos y las demandas sociales analizadas.

En todos los escenarios, el olivar ecológico mostró un comportamiento global superior al del olivar integrado, confirmando así la robustez del modelo generado.

4. DISCUSIÓN

La sostenibilidad de los agroecosistemas de olivar es un objetivo para el que debe considerarse un enfoque multifuncional que cuantifique las dimensiones económicas, sociales y ambientales de estos sistemas (Rescia *et al.* 2017). Así pues, sólo un enfoque de gestión que equilibre estos factores puede contribuir a la viabilidad de estos paisajes agrícolas, garantizando el mantenimiento de los servicios ecosistémicos que generan para la sociedad (López-Pintor *et al.* 2018). En este sentido, los procesos erosivos conforman una de las principales amenazas contra la perdurabilidad de los sistemas de olivar a largo plazo (Parras-Alcántara *et al.* 2016). Así, además de mermar la sostenibilidad ecológica de estos cultivos mediante una degradación de los procesos y funciones principales del medio biofísico, como son la pérdida de horizontes edáficos y fertilidad del suelo, que afectan de forma directa a la diversidad animal y vegetal del sistema (Nekhay *et al.* 2009; Sánchez-Moreno *et al.* 2015; Gómez *et al.* 2018), las dimensiones económica y social también se ven afectadas. El incremento de erosión genera una merma de la producción olivarera, repercutiendo de forma directa sobre la renta agraria. Ante esta situación, los propietarios se ven obligados a mantener el nivel productivo de las parcelas mediante la incorporación de una mayor cantidad

de aportes energéticos al sistema en forma de herbicidas, fertilizantes y pesticidas (de Graaff *et al*. 2010). No obstante, a menos que se implementen medidas de mitigación de los procesos erosivos como la introducción y el mantenimiento de coberturas vegetales edáficas vivas, las consecuencias de los procesos erosivos a mediano plazo son inevitables (Zuazo *et al*. 2009). Esta necesidad de incorporar al cultivo una mayor cantidad de compuestos que mantengan la producción deriva en una mayor necesidad de mano de obra en las explotaciones, generándose una mayor cantidad de empleo de forma inmediata (Giourga *et al*. 2008). No obstante, en una escala temporal de mayor amplitud, al continuar descendiendo la producción de las parcelas por erosión, se incrementan los gastos de mantenimiento de la explotación, dando lugar en condiciones extremas a una pérdida neta de beneficios para los agricultores y al abandono total de la actividad agrícola.

Al analizar comparativamente los dos tipos de gestión agrícola presentes en Estepa, la gestión integrada fue ligeramente superior en términos de rentabilidad y riqueza de los lepidópteros (Scandurra *et al*. 2016). Sin embargo, se observó cómo el manejo orgánico promovió una mayor generación de empleo y al mismo tiempo favoreció una mayor conservación ambiental dando lugar a un mayor porcentaje de carbono en el suelo y en la hojarasca, y una mayor riqueza y diversidad vegetal en el cultivo del olivo (Rodríguez-Pleguezuelo *et al*. 2018).

En los cultivos olivareros, como en cualquier otro sistema agrario, el beneficio económico para los propietarios es uno de los principales factores que contribuyen al mantenimiento de la actividad agrícola. Aunque en la Comarca de Estepa la gestión integrada mostró una mayor generación de ingresos que la olivicultura ecológica, hay que tener en cuenta que, para valorar adecuadamente los beneficios de una explotación agrícola, es necesario utilizar una escala temporal amplia en los análisis realizados. Esta limitación es especialmente destacable en la DOP Estepa, ya que todas las parcelas de olivar ecológico muestreadas acababan de completar su periodo de conversión desde un sistema de gestión integrada, por lo que los gastos en cuanto al cambio de infraestructuras y la adopción de las nuevas prácticas agrarias aún no permitieron ver reflejada la mejora de esta nueva gestión en el análisis económico de las explotaciones. Por otro lado, la demanda de empleo es una preocupación agrícola clave debido a factores como el éxodo rural. Estudios como el de Rodríguez-Pleguezuelo *et al*. (2018) señalan cómo un cambio hacia una gestión del olivar más orgánico en Andalucía podría actuar como motor económico rural, generando empleo local e incrementando el valor social, ambiental y cultural de estos paisajes. Acorde a la legislación vigente en España, el cultivo ecológico del olivar está asociado a la implantación y mantenimiento de coberturas vegetales edáficas y al empleo de fertilizantes orgánicos, prácticas para cuya implementación es necesaria mano de obra especializada (Villanueva *et al*. 2015). Cabe destacar, adicionalmente, la tradición de la implicación de la mano de obra familiar en este tipo de gestión agrícola, asociada al conocimiento ecológico cultural de la producción olivarera.

Además, la gestión agrícola orgánica mostró valores más favorables para los indicadores ambientales. La implementación obligatoria intercalar y el mantenimiento de las cubiertas vegetales

del suelo con la finalidad de mitigar las consecuencias de los procesos erosivos (Zuazo *et al.*, 2009), dio lugar a un mejor suministro de servicios de regulación por parte de estos sistemas, destacando una mayor fijación de materia orgánica y carbono tanto a nivel edáfico como en hojarasca en los olivares ecológicos. Estos incrementos en la cantidad de materia orgánica y carbono disponible por parte del olivo, siendo de 44,29% a nivel de suelo y de 23,16% a nivel de hojarasca, constituyen factores extremadamente importantes a nivel institucional, pues ambos factores son considerados por la PAC como indicadores de la implementación de prácticas agronómicas respetuosas con el medio ambiente. También se evidenció un 29,22% más de cobertura vegetal en los olivares ecológicos (i.e. 27,65% de plantas herbáceas y 0,16% de plantas leñosas), siendo menor el porcentaje de suelo desnudo en estas explotaciones. Aunque la diversidad vegetal estimada dentro de las parcelas mostró valores bajos, correspondientes a la naturaleza del monocultivo del olivo en Andalucía (Isbell *et al.* 2017), el manejo orgánico mostró una mayor diversidad vegetal (2,10 bits), así como riqueza de gramíneas y leguminosas, familias de herbáceas que contribuyen positivamente al ciclo del carbono, fijación de nitrógeno y fertilidad del sistema (Castro *et al.* 2008). Sin embargo, a diferencia de lo demostrado por Carpio *et al.* (2018), la riqueza de lepidópteros diurnos, grupo entomológico cuya presencia está condicionada por factores como el uso de herbicidas y plaguicidas y la contaminación difusa, fue mayor en los olivares con gestión integrada, tratamiento donde se encontraron cuatro especies exclusivas. Sin embargo, esto no debe interpretarse como una mayor presencia de contaminantes en la agricultura orgánica, pues los olivares muestreados habían concluido recientemente su proceso de conversión.

El método de Análisis de Procesos Jerárquico empleado presentó la ventaja de analizar múltiples objetivos relevantes e independientes para una fuerte sostenibilidad agrícola, en la que la sostenibilidad del capital natural está limitada por las características ecológicas del sistema, contribuyendo al bienestar humano (Ayres *et al.* 2001). No obstante, los resultados obtenidos deben interpretarse cuidadosamente teniendo en cuenta las restricciones metodológicas del modelo desarrollado, destacando: a) la ejecución de un diseño no balanceado, con un mayor número de subindicadores ambientales que sociales y económicos, tratando de pailar esta limitación considerando una contribución equitativa de los indicadores en la satisfacción de las demandas sociales; y b) el empleo de puntuación directa como método de evaluación del modelo en lugar de las comparaciones pareadas debido a su elevado número de nodos, siendo una metodología más eficiente y operativa en estas situaciones, pero no permitiendo analizar su consistencia (Carmona-Torres et al. 2014).

A partir de estas consideraciones, el modelo mostró una mayor contribución de la gestión ecológica a las demandas sociales relacionadas con la agricultura en España, alcanzando unas mayores prioridades que el cultivo integrado. El olivar orgánico se consolidó como la mejor opción de gestión en Estepa tanto para satisfacer las demandas del mercado, como para lograr un sistema de gestión agraria más sostenible con prácticas agrícolas que retrasen los efectos de los procesos erosivos (Zuazo *et al.* 2009). Así, el papel de las políticas europeas como la PAC es

fundamental para el fomento del empleo de prácticas agronómicas que promuevan una mayor transición hacia la gestión orgánica de los olivares, fomentando la multifuncionalidad y viabilidad de estos sistemas (López-Pintor *et al*. 2018).

5. CONCLUSIONES

Mediante el empleo del Análisis de Procesos Jerárquicos, se demostró la superioridad de la gestión orgánica del olivar en comparación con la gestión predominante integrada en la región de Estepa (Andalucía, España). De este modo, los cultivos olivareros orgánicos contribuyen a satisfacer en mayor medida las principales demandas sociales, a nivel de España, relacionadas con los sistemas agrícolas. Por tanto, un aumento de la proporción de olivares orgánicos en el área de estudio, promovido a través de políticas multiescalares europeas, nacionales y regionales que consideren el valor de las externalidades positivas no productivas del olivar conduciría a un mayor bienestar poblacional para las generaciones presentes y futuras, promoviendo la sostenibilidad y multifuncionalidad del olivar como sistema agrícola.

Finalmente, futuros estudios deberían estar orientados hacia la generación de modelos de toma de decisión multicriterios diseñados de forma específica para el área de estudio partiendo de un mayor número de subindicadores evaluados, con la finalidad de realizar una evaluación más cuantitativa y exhaustiva del olivar de Estepa. Por otro lado, es necesaria la generación de modelos de toma de decisión multicriterio a una mayor escala, es decir, no restringidos a una Comarca concreta de olivar, con la finalidad de poder inferir los resultados obtenidos a una escala general más amplia, y así evaluar la sostenibilidad y adecuación entre la oferta y la demanda de los cultivos olivareros en general.

Agradecimientos: Antonio Alberto Rodríguez Sousa, investigador de la Universidad Complutense de Madrid (UCM) cedido al MED y Universidad de Évora, siendo Investigador Principal del Proyecto ASMO - Análisis comparativo de la Sostenibilidad y Multifuncionalidad Olivarera en dos regiones de la Península Ibérica a través de un enfoque de ecología del paisaje: el Alentejo (Portugal) y el Sureste de Madrid (España), fue apoyado por un Contrato Postdoctoral Margarita Salas para la Formación de Jóvenes Doctores (Convocatoria plurianual para la recualificación del Sistema Universitario Español para 2021-2023; https://www.ucm.es/ct31-21) financiado por la UCM a través del Ministerio de Universidades, Gobierno de España y Unión Europea – NextGenerationEU.



6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ayres, R., Van den Berrgh, J., Gowdy, J. (2001): «Strong versus weak sustainability: Economics, natural sciences, and consilience», *Environ Ethics*, 23(2), 155-168, doi: 10.5840/enviroethics200123225.

Baudry, G., Macharis, C., Vallée, T. (2018): «Range-based Multi-Actor Multi-Criteria Analysis: A combined method of Multi-Actor Multi-Criteria Analysis and Monte Carlo simulation to support participatory decision making under uncertainty», *Eur J Oper Res*, 264(1), 257-269, doi: 10.1016/j.ejor.2017.06.036.

BOJA (Boletín Oficial de la Junta de Andalucía). (2016): «Pliego de condiciones de la Denominación de Origen Protegida Estepa», *Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, España*, http://www.webcitation.org/77MOBd5Gh (consulta: 02/4/2022).

Caravaca, F., Masciandaro, G., Ceccanti, B. (2002): «Land use in relation to soil chemical and biochemical properties in a semiarid Mediterranean environment», *Soil Till Res*, 68(1), 23-30, doi: 10.1016/S0167-1987(02)00080-6.

Carmona-Torres, C., Parra-López, C., Hinojosa-Rodríguez, A., Sayadi, S. (2014): «Farm-level multifunctionality associated with farming techniques in olive growing: An integrated modeling approach», *Agr Syst*, 127, 97-114, doi: 10.1016/j.agsy.2014.02.001.

Carpio, A. J., Castro, J., Tortosa, F. S. (2018): «Arthropod biodiversity in olive groves under two soil management systems: presence versus absence of herbaceous cover crop», *Agr Forest Entomol*, 21(1), 58-68, doi: 10.1111/afe.12303.

Castro, J., Fernández-Ondoño, E., Rodríguez, C., Lallena, A. M., Sierra, M., Aguilar, J. (2008): «Effects of different olive-grove management systems on the organic carbon and nitrogen content of the soil in Jaén (Spain) », *Soil Till Res*, 98(1), 56-67, doi: 10.1016/j.still.2007.10.002.

CE. (2016): «Europeans, Agriculture and the CAP. TNS opinion & social. Special Eurobarometer 440», *Comisión Europea, Bélgica*, < http://data.europa.eu/euodp/en/data/dataset/S2087_84_2_440_ENG> (consulta: 10/4/2022).

de Graaff, J., Duarte, F., Fleskens, L., de Figueiredo, T. (2010): «The future of olive groves on sloping land and ex-ante assessment of cross compliance for erosion control», *Land Use Policy*, 27(1), 33-41, doi: 10.1016/j.landusepol.2008.02.006.

Duarte, F., Jones, N., Fleskens, L. (2008): «Traditional olive orchards on sloping land: sustainability or abandonment?», *J Environ Manage*, 89(2), 86-98, doi: 10.1016/j.jenvman.2007.05.024.

EUROSTAT. (2018): «Estadísticas sobre las explotaciones agrícolas», *Estadísticas Europeas*, < https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Farm_structure_statistics/es> (consulta: 12/4/2022).

Forman, E., Selly, M. A. (2001): «Decisions by Objectives», Expert Choice Inc., <http://www.expertchoice.com> (consulta: 05/4/2022).

Giourga, C., Loumou, A., Tsevreni, I., Vergou, A. (2008): «Assessing the sustainability factors of traditional olive groves on Lesvos Island, Greece (Sustainability and traditional cultivation)», *GeoJournal*, 73(2), 149-159, doi: 10.1007/s10708-008-9195-z.

Gómez, J. A., Battany, M., Renschler, C. S., Fereres, E. (2003): «Evaluating the impact of soil management on soil loss in olive orchards», *Soil Use Manage*, 19(2), 127-134, doi: 10.1111/j.1475-2743.2003.tb00292.x.

Gómez, J. A., Campos, M., Guzmán, G., Castillo-Llanque, F., Vanwalleghem, T., Lora, Á., Giráldez, J. V. (2018): «Soil erosion control, plant diversity, and arthropod communities under heterogeneous cover crops in an olive orchard», *Environ Sci Pollut R*, 25(2), 977-989, doi: 10.1007/s11356-016-8339-9.

Isbell, F., Adler, P. R., Eisenhauer, N., Fornara, D., Kimmel, K., Kremen, C., Letourneau, D. K., Liebman, M., Polley, H. W., Quijas, S., Scherer-Lorenzen, M. (2017): «Benefits of increasing plant diversity in sustainable agroecosystems», *J Ecol*, 105(4), 871-879, doi: 10.1111/1365-2745.12789.

López-Pintor, A., Salas, E., Rescia, A. (2018): «Assessment of Agri-Environmental Externalities in Spanish Socio-Ecological Landscapes of Olive Groves», *Sustainability*, 10(8), 2640, doi: 10.3390/su10082640.

Miglietta, P. P., Micale, R., Sciortino, R., Caruso, T., Giallanza, A., La Scalia, G. (2019): «The sustainability of olive orchard planting management for different harvesting techniques: An integrated methodology», *J Clean Prod*, 238, 117989, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.117989.

Nekhay, O., Arriaza, M., Guzmán-Álvarez, J. R. (2009): «Spatial analysis of the suitability of olive plantations for wildlife habitat restoration», *Comput Electron Agr*, 65(1), 49-64, doi: 10.1016/j.compag.2008.07.012.

Parras-Alcántara, L., Lozano-García, B., Keesstra, S., Cerdà, A., Brevik, E. C. (2016): «Long-term effects of soil management on ecosystem services and soil loss estimation in olive grove top soils», *Sci Total Environ*, 571, 498-506, doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.07.016.

Parra-López, C., Calatrava-Requena, J., de-Haro-Giménez, T. (2008): «A systemic comparative assessment of the multifunctional performance of alternative olive systems in Spain within an AHP-extended framework», *Ecol Econ*, 64(4), 820-834, doi: 10.1016/j.ecolecon.2007.05.004.

Rescia, A. J., Sanz-Cañada, J., Del Bosque-González, I. (2017): «A new mechanism based on landscape diversity for funding farmer subsidies», *Agron Sustain Dev*, 37(2), 9, doi: 10.1007/s13593-017-0414-1.

Rodríguez-Pleguezuelo, C. R., Zuazo, V. H. D., Martínez, J. R. F., Peinado, F. J. M., Martín, F. M., Tejero, I. F. G. (2018): «Organic olive farming in Andalusia, Spain. A review», *Agron Suatain Dev*, 38(2), 20, doi: 10.1007/s13593-018-0498-2.

Saaty, T. L., Vargas, L. G. (2012): «The possibility of group choice: pairwise comparisons and merging functions». *Soc Choice Welfare*, 38(3), 481-496, doi: 10.1007/s00355-011-0541-6.

Saisana, M., Saltelli, A., Tarantola, S. (2005): «Uncertainty and sensitivity analysis techniques as tools for the quality assessment of composite indicators», *J R Stat Soc (Statistics in Society)*, 168(2), 307-323, doi: 10.1111/j.1467-985X.2005.00350.x.

Sánchez-Moreno, S., Castro, J., Alonso-Prados, E., Alonso-Prados, J. L., García-Baudín, J. M., Talavera, M., Durán-Zuazo, V. H. (2015): «Tillage and herbicide decrease soil biodiversity in olive orchards», *Agron Sustain Dev*, 35(2), 691-700, doi: 10.1007/s13593-014-0266-x.

Scandurra, A., Magliozzi, L., Fulgione, D., Aria, M., D'Aniello, B. (2016): «Lepidoptera Papilionoidea communities as a sentinel of biodiversity threat: the case of wild boar rooting in a Mediterranean habitat», *J Insect Conserv*, 20(3), 353-362, doi: 10.1007/s10841-016-9863-0.

Vanwalleghem, T., Gómez, J. A., Amate, J. I., de Molina, M. G., Vanderlinden, K., Guzmán, G., Laguna, A., Giráldez, J. V. (2017): «Impact of historical land use and soil management change on soil erosion and agricultural sustainability during the Anthropocene», *Anthropocene*, 17, 13-29, doi: 10.1016/j.ancene.2017.01.002.

Villanueva, A. J., Gómez-Limón, J. A., Arriaza, M., Rodríguez-Entrena, M. (2015): «The design of agri-environmental schemes: Farmers' preferences in southern Spain», *Land Use Policy*, 46, 142-154, doi: 10.1016/j.landusepol.2015.02.009.

Wischmeier, W. H., Smith, D. D. (1960): «A universal soil-loss equation to guide conservation farm planning», *Soil Sci*, 1, 418-425, record number: 19621901607.

Zuazo, V. H. D., Pleguezuelo, C. R. R. (2009): «Soil-Erosion and Runoff Prevention by Plant Covers: A Review», *Agron Sustain Dev*, 28(1), 65-86, doi: 10.1007/978-90-481-2666-8_48.

INSTRUMENTOS INNOVADORES DE POLÍTICA DE AGROAMBIENTE Y CLIMA BASADOS EN PAGOS POR RESULTADOS: EL CASO DEL OLIVAR ANDALUZ

Anastasio J. Villanueva[a,b], Sergio Colombo [a,b], Rubén Granado-Díaz[b,c], Macario Rodríguez-Entrena[b], Manuel Arriaza[b], Juan Castro[a], Ángel Blázquez[a], Maria P. González-Dugo[a]

[a] IFAPA-Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (anastasioj.villanueva@juntadeandalucia.es, sergio.colombo@juntadeandalucia.es, juan.castro.rodriguez@juntadeandalucia.es, angel.blazquez@juntadeandalucia.es, mariap.gonzalez.d@juntadeandalucia.es)

[b] WEARE-Water, Environmental, and Agricultural Resources Economics Research Group, Universidad de Córdoba (mrentrena@uco.es, arriaza@uco.es)

[c] AGAPA-Agencia de Gestión Agraria y Pesquera de Andalucía (ruben.granado@juntadeandalucia.es)

RESUMEN: Existe una necesidad de conocimiento para apoyar el diseño eficiente de políticas de agroambiente y clima basadas en resultados ambientales, que representa un enfoque innovador en comparación con el tradicional basado en la prescripción de prácticas agroambientales. El presente trabajo analiza la disposición a participar de los agricultores respecto de pagos por resultados innovadores cuyo control se basa en el uso de sensores remotos. Para ello, se ha empleado el método de experimentos de elección y el olivar en pendiente de Andalucía como caso de estudio (muestra N=320). Los resultados preliminares muestran que los patrones de participación se ven afectados según los pagos se orienten a resultados o prácticas. En este sentido, el método de control (en campo o remoto) parece influir en la disposición a participar de los agricultores para el caso de los programas basados en resultados, disminuyéndola en caso de control basado en información satelital prácticamente en exclusiva, pero no para el basado en prácticas. Asimismo, se observa cómo el objetivo ambiental del programa por resultados determina de manera importante dicha disposición, reduciéndola notablemente cuando el programa está orientado a mejorar la biodiversidad y, más aún, cuando este está orientado a más de un objetivo ambiental (biodiversidad y secuestro de carbono). Estos resultados presentan importantes implicaciones políticas respecto del diseño de estos nuevos instrumentos.

PALABRAS CLAVE: Política Agraria Común, Pagos por servicios ecosistémicos, Medidas agroambientales, Digitalización, Olivar en pendiente.

ABSTRACT: There are knowledge needs for supporting an efficient design of agrienvironment-and-climate policies based on environmental results, which represents an innovative approach compared to the traditional one based on the prescription of agrienvironmental practices. This study analyzes farmers' willingness to participate in innovative results-based payments relying on remote-sensing-based monitoring. The choice experiment method was used for the case study of farmers with sloped olive groves in Andalusia (sample N=320). The preliminary results showed

that participation patterns differ depending on the scheme type, results- and practice-based. Actually, the monitoring method (remote-sensing based or not) influence farmers' willingness to participate in results-based payments, reducing it, but no effect is found for practice-based payments. In addition, the scheme's environmental objective also determines such a participation, remarkably decreasing it when the scheme is oriented to improve biodiversity and, to a higher extent, more than one objective (i.e. biodiversity and carbon sequestration). These results give rise to significant policy implications with regard to the design of these new instruments.

KEYWORDS: Common Agricultural Policy, Payments for ecosystem services, Agri-environmental schemes, Digitalization, Sloping olive groves.

1. INTRODUCCIÓN

Los pagos por resultados suponen un cambio de paradigma con respecto a la política prescriptora de los instrumentos actuales de agroambiente y clima en la medida que el agricultor es remunerado por los servicios ecosistémicos (SE) que provee en lugar de por las prácticas que realiza. Este tipo de instrumentos está cobrando una relevancia creciente en la Política Agraria Común (PAC), cuya orientación hacia la provisión de estos servicios es cada vez más evidente con cada reforma, como demuestra el reciente debate sobre la PAC post-2020. Dada la naturaleza voluntaria de este tipo de incentivos económicos, resulta fundamental conocer las preferencias de los agricultores respecto de los mismos con el fin diseñar programas de agroambiente y clima basados en resultados que puedan atraer la participación de los agricultores. Sin embargo, existen escasos antecedentes de análisis de las preferencias de los agricultores respecto de este tipo de instrumentos (p. ej., Niskanen *et al.*, 2021; Tanaka *et al.*, 2022), constatándose todavía importantes lagunas de conocimiento en relación con el enfoque (resultados en términos relativos o absolutos), el control (in situ o empleando sensores remotos) y la comparación con configuraciones similares para programas orientados a prácticas.

El presente trabajo tiene por objetivo abordar estas lagunas de conocimiento, analizando las preferencias de los agricultores respecto de programas de agroambiente y clima basados en resultados y en prácticas empleando diferentes tipos de control utilizando como caso de estudio el olivar en pendiente en Andalucía.

2. MÉTODO

Como método de análisis se ha empleado la técnica de preferencias declaradas de los experimentos de elección, usando un diseño etiquetado o *labelled* de alternativas de pagos de agroambiente y clima por prácticas y por resultados, incluyendo atributos no monetarios relativos al *Nivel de exigencia* agroambiental (Medio y Alto), *Método de control* (Campo o Remoto-con información satelital),

Objetivos ambientales a cumplir (relativos a Secuestro de carbono, Biodiversidad, o ambos), así como el atributo monetario de *Pago anual* por hectárea acogida al programa. Para el caso de los pagos por prácticas, los niveles de exigencia Medio y Alto se definieron como el establecimiento de cubiertas vegetales vivas manejadas con desbrozadora y/o diente (primer corte al final de marzo) con anchos de 2 y 3,5 m, respectivamente. Para el caso pagos por resultados, estos se definieron como la mejora relativa respecto del desempeño ambiental medio comarcal, en concreto de al menos un 10% y un 20% respecto de la media para los niveles Medio y Alto (presumiendo una mejora equivalente caso de que se generalizase el uso de las prácticas anteriormente mencionadas a nivel comarcal).

La información ha sido recabada a través de una encuesta in situ a 320 agricultores de una selección de 5 comarcas (de Jaén, Córdoba y Granada) donde el olivar en pendiente es predominante, empleándose un muestreo por cuotas proporcionales según comarca. Esta fue ejecutada entre diciembre de 2021 y febrero de 2022, realizándose un pre-test previo para ajustar el diseño del cuestionario y de los experimentos de elección. El cuestionario final constó de cuatro bloques: características de la explotación y su gestión; experimentos de elección; actitud, opinión y conocimiento sobre cuestiones relevantes para el diseño de estos programas innovadores (incluido digitalización y concienciación ambiental, entre otros); y características socioeconómicas del entrevistado.

Para la modelización, se empleó un modelo logístico de parámetros aleatorios con componente de error (MLPA_CE) (Hensher *et al.*, 2015; Scarpa *et al.*, 2005), con 500 réplicas Halton. Las variables de los parámetros del modelo son del tipo *dummy*, excepto el atributo de provisión en la alternativa por prácticas, que es numérico. Para todos los atributos se asume distribución normal. Como diseño experimental se empleó un diseño bayesiano eficiente considerando una especificación logística multinomial, presentando un diseño final (D-error=0,005) con 32 situaciones de elección distribuidas en 4 bloques, de

3. RESULTADOS

La Tabla 1 muestra los resultados del modelo. El modelo presenta una bondad de ajuste adecuada (pseudo-R^2=0,25). Todos los parámetros son altamente significativos (excepto pSA) y presentan el signo esperado (i.e. negativo para los atributos no monetarios y positivo para los monetarios). Los parámetros de desviación típica solo son significativos para pPA y rSA, lo que sugiere heterogeneidad en las preferencias en relación con estos. Respecto de las constantes específicas de alternativa (pASC y rASC), ambas son significativas y negativas, indicando desutilidad de participar en programas basados tanto en prácticas como en resultados en comparación con la alternativa de no participar.

Tabla 1. Modelo. manera que cada agricultor realizó elecciones para un solo bloque (de 8 tarjetas)

	Media			*Dv. típ.*		
	Coef.		SE	Coef.		SE
Alternativa pago por prácticas						
pASC-Constante de alternativa	-0,654	**	0,300	0,003		4.632
pSA-Control utilizando información satelital (1=Sí, 0=No)	-0,083		0,215	0,487		0.821
pPR-Nivel de exigencia (1% de área de cubierta vegetal manejada con desbrozadora o diente)	-0,952	*	0,500	0,026		6.016
pPA-Pago anual (por cada €/ha)	0,616	***	0,087	0,342	***	0.118
Alternativa de pago por resultados						
rASC-Constante de alternativa	-0,782	**	0,335	0,051		2.663
rSA-Control utilizando información satelital (1=Sí, 0=No)	-0,481	**	0,210	0,976	***	0.307
rPR2-Nivel de exigencia alto (1=Sí, 0=No)	-0,469	**	0,226	0,040		3.149
rBI-Objetivo ambiental: biodiversidad (1=Sí, 0=No)	-0,590	**	0,243	0,275		0.975
rBC-Objetivo ambiental: biodiversidad y secuestro de carbono (1=Sí, 0=No)	-0,994	***	0,277	0,017		2.527
rPA-Pago anual (por cada €/ha)	0,809	***	0,061	0,054		0.347
Componente de error	2,360	***	0,174			
Bondad de ajuste						
LL			-1235,76			
AIC/N			1,054			
Pseudo-R^2			0,252			
Parámetros			21			
Observaciones (individuos)			2384 (298)			

***, ** y * muestran significación estadística al nivel 1, 5 y 10%. Los parámetros pPA, rPA y pPR están reescalados 1:100.

Fuente: elaboración propia.

Los resultados del modelo permiten estimar la disposición a aceptar (DAA) participar por parte de los olivicultores en programas de agroambiente y clima, lo cual indica los pagos que serían necesarios para incentivar dicha participación. La Tabla 2 muestra una estimación preliminar de DAA para diferentes diseños de programas. Como puede observarse en ella, los resultados indican DAAs medias de 126,8 y 144,0 €/ha/año para los niveles Medio y Alto de programas basados en prácticas (no existiendo diferencias según el Método de control, Campo o Remoto), los cuales están en el mismo rango de estudios previos para el mismo agrosistema (e.g. Villanueva *et al.*, 2017). En el caso de programas basados en resultados, las DAAs medias obtenidas son de 96,6 y 146,3 €/ha/año para los niveles Medio y Alto (considerando Objetivo ambiental: Secuestro de

carbono), incrementándose respectivamente hasta 156,0 y 205,7 €/ha/año en caso de presentar como Método de Control: Remoto. La DAA de los agricultores aumenta asimismo en 73 y 123 €/ha/año en caso de considerar Biodiversidad y Biodiversidad+Secuestro de carbono, respectivamente, como objetivos ambientales del programa.

Tabla 2. Estimaciones preliminares de disposición a aceptar media (en €/ha/año).

Atributos			Pagos por prácticas	Pagos por resultados
Nivel de exigencia	Método de control	Objetivos ambientales*		
Medio	Campo	Secuestro de carbono	126,8	96,6
Medio	Remoto	Secuestro de carbono	126,8	156,0
Medio	Remoto	Biodiversidad	126,8	228,9
Medio	Remoto	Biodiversidad y secuestro de carbono	126,8	278,9
Alto	Campo	Secuestro de carbono	144,0	146,3
Alto	Remoto	Secuestro de carbono	144,0	205,7
Alto	Remoto	Biodiversidad	144,0	283,3
Alto	Remoto	Biodiversidad y secuestro de carbono	144,0	334,0

* Solo aplicable para Pagos por resultados.
Fuente: elaboración propia.

5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos sugieren implicaciones políticas significativas respecto de avanzar en el diseño eficiente de política de agroambiente y clima. La primera y más evidente es que los patrones de participación se ven alterados según el instrumento de política se oriente a prácticas o resultados. Por ejemplo, el método de control (en campo o remoto) parece influir en la disposición a participar de los agricultores para el caso de los programas basados en resultados, disminuyéndola en caso de control basado en información satelital prácticamente en exclusiva, pero no para el basado en prácticas. Asimismo, se observa cómo el objetivo ambiental del programa por resultados determina de manera importante dicha disposición, reduciéndola notablemente cuando el objetivo ambiental es la mejora de la biodiversidad o la mejora de esta más la del secuestro de carbono en comparación a presentar únicamente como objetivo ambiental dicho secuestro. Estos resultados, de confirmarse, presentarían unas importantes implicaciones políticas, especialmente en relación con el diseño eficiente de programas de agroambiente y clima basados en resultados y el empleo de sensores remotos para su control.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado en el marco del proyecto PAGOSER (PID2019-107693RR-C21 y -C22/AEI/10.13039/501100011033).

REFERENCIAS

Hensher, D., Hanley, A., Rose, J.M. y Greene, W.H. (2015). *Applied Choice Analysis, second ed.* Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Niskanen, O., Tienhaara, A., Haltia, E. y Pouta, E. (2021). "Farmers' heterogeneous preferences towards results-based environmental policies". *Land Use Policy,* 102: 105227. http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105227.

Scarpa, R., Ferrini, S. y Willis, K.G. (2005). "Performance of error component models for status-quo effects in choice experiments". En Scarpa, R. y Alberini, A. (Eds.): *Applications of Simulation Methods in Environmental and Resource Economics*. Springer, Dordrecht, The Netherlands: 247-273.

Tanaka, K., Hanley, N. y Kuhfuss, L. (2022). "Farmers' preferences toward an outcome-based payment for ecosystem service scheme in Japan". *Journal of Agricultural Economics,* n/a(n/a). http://dx.doi.org/10.1111/1477-9552.12478.

Villanueva, A.J., Rodríguez-Entrena, M., Arriaza, M. y Gómez-Limón, J.A. (2017). "Heterogeneity of farmers' preferences towards agri-environmental schemes across different agricultural subsystems". *Journal of Environmental Planning and Management,* 60(4): 684-707. http://dx.doi.org/10.1080/09640568.2016.1168289.

IMPACTO DE LA PARCELACIÓN DE LAS EXPLOTACIONES OLIVARERAS EN LOS COSTES DE EXPLOTACIÓN

Parras-Rosa, Manuel, Universidad de Jaén. mparras@ujaen.es,
Ruz-Carmona, Antonio, Cooperativa Agraria San Roque, Arjonilla,
antonioruz@sca-sanroque.com,
Colombo, Sergio. IFAPA, Centro Camino de Purchil, Granada
sergio.colombo@juntadeandalucia.es

RESUMEN: Las explotaciones de olivar se caracterizan por ser veceras y muy fragmentadas. Sin embargo, los efectos de estos aspectos en los costes de producción son pocos investigados. En este artículo se pretenden estudiar el impacto de estos efectos en los olivares de la provincia de Jaén. Para ello, se emplean datos de producción de dos campañas concretas, 2018/2019 con una producción nacional de un 31% por encima de la media (1.790.309 t de aceite de oliva) y la 2019/2020 con una producción de un 17 % inferior a la media (1.129.233 t). Asimismo, se escoge el olivar de Jaén por su elevadísima fragmentación espacial, teniendo el 72% de las parcelas menos de una ha. De los resultados obtenidos se desprende que el efecto económico que tiene la excesiva parcelación supone un incremento considerable en los costes efectivos de producción y que la producción asumida en el cálculo del coste es crucial para la determinación de este valor.

PALABRAS CLAVE: olivar, costes de explotación, rentabilidad, mano de obra familiar, parcelación.

ABSTRACT: The productive alternate bearing of olive groves and the fragmented structure that this crop has in certain regions is a widely confirmed and important phenomenon. This article aims to study these effects in the olive groves of the province of Jaén in two specific campaigns, 2018/2019 with a national production above the average (1,790,309 t of olive oil) and 2019/2020 with a lower than average production (1,129,233 t).

From the results obtained, it can be deduced that the economic effect of excessive subdivision supposes a considerable increase in the effective costs of production and that the use of the production obtained in the calculation of the cost is crucial for the determination of this value.

KEYWORDS: Olive grove, operating costs, profitability, family labor, plot.

1. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

El cultivo del olivar se caracteriza por su marcado carácter vecero por lo que la producción de aceite de oliva muestra una gran alternancia productiva entre campañas. A nivel regional, la producción de aceite de oliva se localiza en Andalucía con el 80% del total español, donde Jaén es la

principal provincia productora con aproximadamente el 37% del total, seguida de Castilla La Mancha con el 8% y de Extremadura con el 4% del total nacional (MAPA, 2020). La vecería o alternancia productiva tiene un impacto en los costes de producción. De igual manera, la estructura productiva, y más concretamente el tamaño de parcela agraria afecta a los tiempos de operación y por ende a los costes de producción (Colombo y Perujo-Villanueva, 2017). En la provincia de Jaén hay 440.892 parcelas de olivar, ocupando una superficie de 549.435,14 ha. La mayor parte de los olivareros de esta provincia son pequeños (el 71,27% cultivan menos de 5 hectáreas) y para este grupo el tamaño de parcela medio es de 0,60 ha suponiendo un serio hándicap para la rentabilidad de sus explotaciones (Parras et al., 2020). El objetivo de este artículo es cuantificar estos fenómenos en dos campañas concretas y en las tipologías de olivar más comunes en la zona de estudio, la provincia de Jaén.

2. METODOLOGÍA

El método de investigación es el siguiente: a) se parte de una tipología de olivar ampliamente aceptada en la literatura y que ocupa la mayor parte de la superficie de olivar en la provincia de Jaén -olivar tradicional no mecanizable (OTM) de secano (OTMS) y regadío (OTMS) y olivar tradicional no mecanizable de secano (OTNM); b) se calculan los costes de producir un kg de aceites de oliva en cada uno de ellos, considerando las típicas operaciones de cultivos y utilizando el software OlivGest para estimarlos: manejo del suelo, poda, desvareto y picado, fertilización, tratamientos fitosanitarios, riego -en su caso-, recolección y transporte, molturación, impuestos, coste de oportunidad y costes de gestión; c) se contempla un tamaño medio de explotación de 7,04 ha, tamaño medio de la explotaciones de olivar en España, de acuerdo con la Ficha Sectorial OTE Olivar (MAPA, 2020); d) se calculan los costes de explotación, para las dos campañas descritas, tanto para una explotación de 7,04 ha, como para una explotación de 7,04 ha, distribuida en parcelas de 0,6 ha, de acuerdo con las declaraciones PAC.

Para OTNM se asume una gestión de la explotación con medios propios, donde el manejo del suelo se realiza con no laboreo y la recolección se lleva a cabo con tres personas, todas ellas de la unidad familiar. En los casos de OTM se considera una explotación que contrata externamente todos los trabajos y que realiza el manejo de suelo con mínimo laboreo.

Para el OTNM se ha asumido como producción media el promedio de la producción calculada en el estudio AEMO (AEMO, 2020) y el calculado en el estudio de costes de olivar para la provincia de Jaén (Parras et al., 2020). Para las tipologías OTMS y OTMR se han usado datos del estudio de costes de la provincia de Jaén (Parras et al.,2020).

Para el ajuste de las producciones medias a las específicas de cada campaña se ha utilizado un coeficiente corrector, que para la campaña 2018/2019 ha sido de 1,3105 y para la 2019/2020 de 0,8266 obteniendo las producciones medias por tipologías tal y como aparece en la tabla 1:

Tabla 1. Producciones medias para el cálculo del coste de producción (kg/ha).

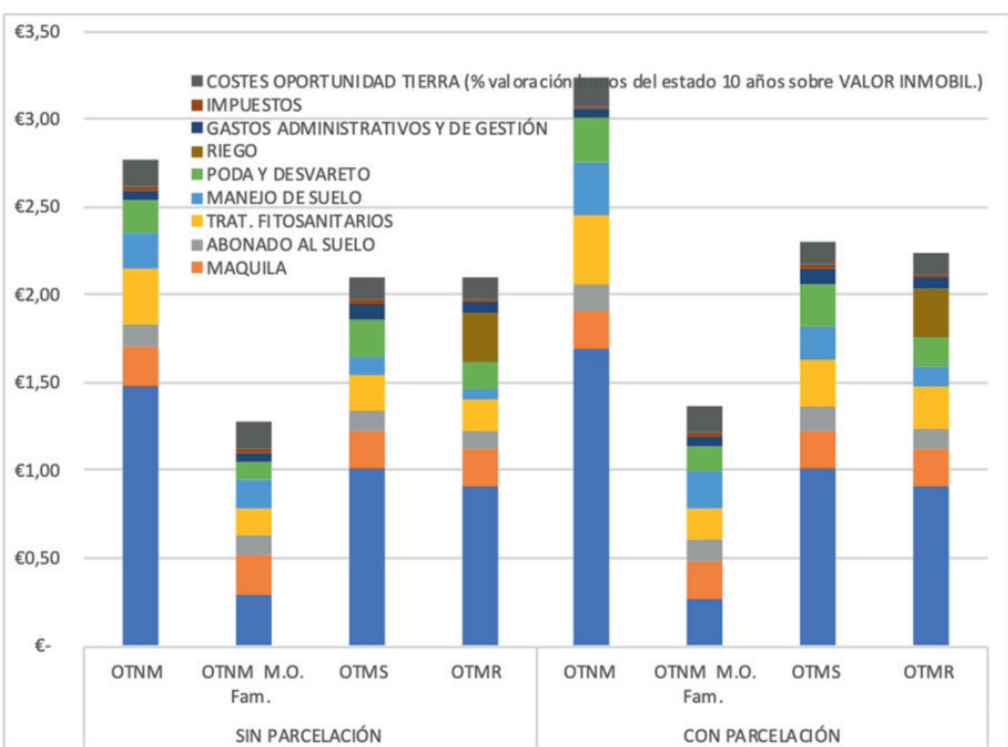
	ESTU. PROV. JAÉN	AEMO	ASUMIDA	18/19 Aceituna	18/19 Aceite	19/20 Aceituna	19/20 Aceite
OTNM	3.065,00	1.750	2.408	3.155	631	1.990	398
OTMS	3.351,10	3.500	3.351	4.391	878	2.770	554
OTMR	5.375,60	6.000	5.376	7.043	1.409	4.443	889

Fuente. Elaboración propia

RESULTADOS Y DISCUSIONES

En la campaña 2018-2019, los costes de explotación de un kg de AOVE en una explotación de 7,04 ha, son los siguientes: OTNM (2,77 €/kg), OTMS (2,10 €/kg) y OTMR (2,09 €/kg). Sin embargo, en una explotación de 7,04 ha, distribuida en parcelas de 0,6 ha son los siguientes: OTNM (3,23 €/kg), OTMS (2,30 €/kg), OTMR (2,23€). De lo que se deduce que en el OTNM hay un incremento del coste por la parcelación de 0,46 €/kg (17%), y de 0,20 (10%) y 0,14 €/kg de aceite (7%) en OTMS y OTMR respectivamente.

Fig. 1. Comparativa entre los costes de producción de los diferentes modelos productivos en la campaña 2018/2019 sin parcelación y asumiendo una parcela media de 0,6 ha.



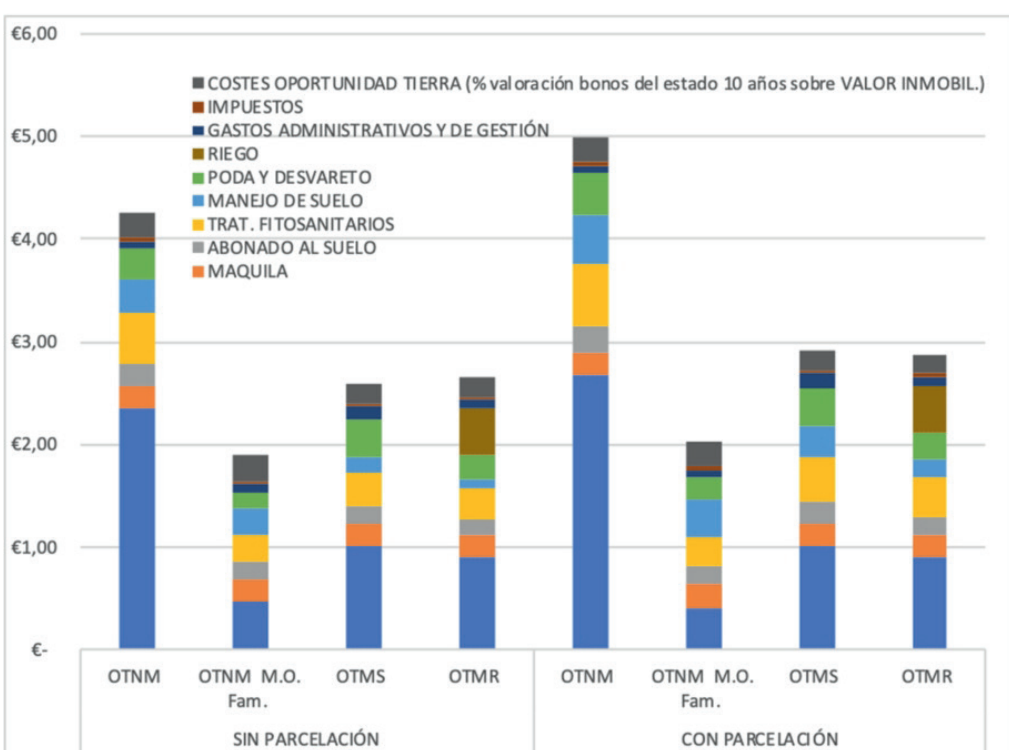
Fuente. Elaboración propia

El impacto que la parcelación tiene en los costes es muy importante en el OTNM ya que los desplazamientos entre fincas son más difíciles, lentos y más costosos. Este efecto disminuye cuando se contempla el efecto que la mano de obra familiar tiene en los costes de explotación, con lo que si no se contabiliza el trabajo realizado por la unidad familiar en la explotación, el coste de producción es de 1,28 €/kg sin parcelación y de 1,37 €/kg de aceite con parcelación.

En la campaña 2019-2020, los costes de explotación de un kg de AOVE en una explotación de 7,04 ha, son los siguientes: OTNM (4,26 €/kg), OTMS (2,60 €/kg) y OTMR (2,65 €/kg). Sin embargo, en una explotación de 7,04 ha, distribuida en parcelas de 0,6 ha son los siguientes: OTNM (5,00 €/kg), OTMS (2,92 €/kg) y OTMR (2,88 €/kg). De lo que se deduce que en el OTNM hay un incremento del coste por la parcelación de 0,73 €/kg (17%) y de 0,32 (12%) y 0,22 €/kg (8%) de aceite en OTMS y OTMR respectivamente. También se observa como la reducción en la cosecha afecta más al olivar de riego que al de secano, pues el coste fijo del riego se repercute en menor producción.

En esta campaña el coste en OTNM descontando la mano de obra familiar es de 1,89 €/kg sin parcelación y de 2,04 €/kg con parcelación, 0,14 €/kg de aceite de diferencia (8%).

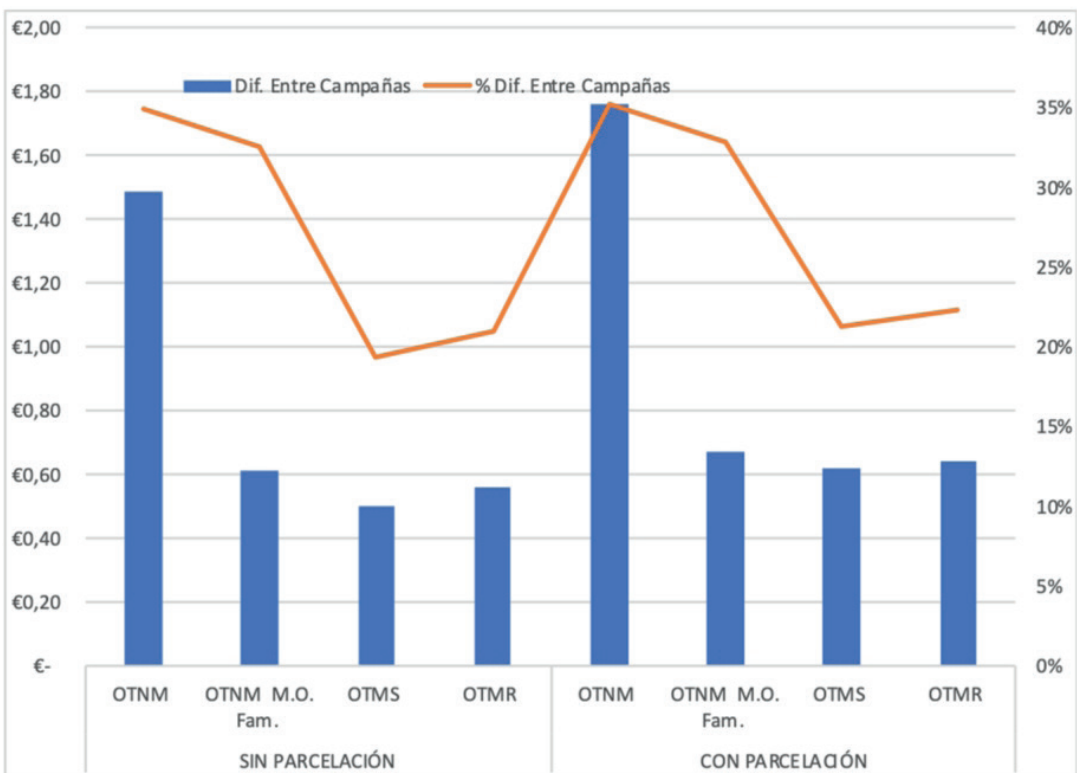
Fig. 2. Costes de producción de los diferentes modelos productivos en la campaña 2019/2020 sin parcelación y asumiendo una parcela media de 0,6 ha.



Fuente. Elaboración propia

También se observa cómo el descenso en la cosecha producida en la campaña 2019/2020 a incrementado los costes unitarios un 28% de media, aumentando también el efecto que tiene la parcelación, puesto que el coste de los desplazamientos realizados entre las parcelas se repercute en menores unidades de producto.

Fig. 3. Diferencia en el coste de producción entre la campaña 2018/2019 y 2019/2020 en las diferentes tipologías de cultivo y grado de parcelación.



Fuente. Elaboración propia

Resulta alarmante como el coste de producción en OTNM es tan elevado que en ninguna de las campañas fue compensado con el precio de venta del aceite. La explicación al mantenimiento de estas explotaciones entendemos que se debe a la no imputación como gasto la mano de obra familiar empleada.

Los resultados confirman el impacto negativo de una baja producción en los costes de explotación y el enorme impacto en los costes de explotación de la parcelación, sobre todo, en el OTNM, así como la dependencia de la mano de obra familiar para que estos olivares sean competitivos, además de las ayudas PAC.

La agrupación de parcelas para la realización conjunta de las tareas agrarias se muestra como una alternativa deseable para la mejora de la rentabilidad, máxime en explotaciones no mecanizables donde la modernización y posterior mecanización del cultivo no es posible.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEMO (2020): Aproximación a los costes del cultivo del olivo. Desarrollo y conclusiones del estudio AEMO.

Colombo, S., Ruz-Carmona, A. (2019). GestOli: un programa para el cálculo de los costes de producción en olivar incluyendo la estructura productiva de las explotaciones. XIX Simposio Científico-Técnico Expoliva, Jaén, 15-15 Mayo.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación -MAPA- (2020): Plan Estratégico Nacional de España para la PAC post 2020. Objetivo específico 2. Ficha Sectorial OTE Olivar. En: https://www.mapa.gob.es/es/pac/post-2020/default.aspx.

Parras et al., (2020). Los costes del olivar en la Provincia de Jaén: tipología de olivareros y aproximación a los costes de los municipios de la Provincia de Jaén.

ESTIMACIÓN ACTUALIZADA DE LOS RECURSOS BIOMÁSICOS DEL SECTOR OLEÍCOLA ANDALUZ

Polonio, David. AGAPA-Agencia de Gestión Agraria y Pesquera de Andalucía (Córdoba) y WEARE-Water, Environmental, and Agricultural Resources Economics, Universidad de Córdoba, pg2pobad@uco.es
Villanueva, Anastasio J. IFAPA-Instituto de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (Granada) y WEARE-Water, Environmental, and Agricultural Resources Economics, Universidad de Córdoba, anastasioj.villanueva@juntadeandalucia.es
Gómez-Limón, José A. WEARE-Water, Environmental, and Agricultural Resources Economics, Universidad de Córdoba, jglimon@uco.es

RESUMEN: La tendencia creciente de la superficie y la intensificación productiva del olivar en Andalucía ha supuesto un incremento en la generación de subproductos en este sistema agrario. En este contexto, resulta necesario actualizar la cuantificación del volumen de biomasa producido, habida cuenta de la ausencia de estimaciones recientes. Existe una extensa literatura que proporciona diferentes estimaciones de índices de producción de biomasa en el sector, tanto en la fase agrícola como en la industrial. No obstante, las estimaciones basadas en estos trabajos proporcionan resultados muy heterogéneos. El objetivo de este estudio es analizar críticamente las propuestas de cuantificación de los subproductos del olivar y la industria oleícola, identificando cuáles deben tomarse como referencia para una estimación lo más realista posible. Para ello, se analizan las principales publicaciones científicas y se aplican los resultados a los datos medios de las últimas 5 campañas del sector oleícola andaluz. Esto ha permitido cuantificar el potencial biomásico del sector del olivar en Andalucía en 2,6 Mt/año en la fase agrícola, 5,4 Mt/año en almazaras, 1,6 Mt/año en extractoras y 0,006 Mt/año en entamadoras. Esta cuantificación resulta útil para soportar la toma de decisiones, públicas y privadas, en relación con el desarrollo de actividades de bioeconomía circular orientadas a la valorización de esta producción.

PALABRAS CLAVE: Biomasa, Subproductos olivar, Alpeorujo, Economía circular, Bioeconomía.

ABSTRACT: The growing trend in olive groves area and intensification of olive farms in Andalusia has led to an increase in the production of olive by-products. In this context, an updated quantification of the volume of these biomass resources is utterly needed, especially considering that recent estimations are lacking. There is an extensive literature that provides different estimates of biomass production rates for this sector, both in the agricultural and industrial phases. However, the estimates based on these studies yield very heterogeneous results. This study aims to critically analyze the proposals for the quantification of by-products in the Andalusian olive sector, identifying which ones should be taken as a reference for a realistic estimation. For this purpose,

the main scientific publications are evaluated, and the results are applied to the average data of the last 5 olive growing seasons of the Andalusian olive sector. This has made it possible to quantify the biomass potential of the olive sector in Andalusia at 2,6 Mt per year in olive farms, 5,4 Mt per year in olive mills, 1,6 Mt/year in pomace refineries, and 0,006 Mt per year in table olive industries. This quantification is useful to support public and private decision-making about the development of circular bioeconomy activities oriented to the valorization of this production.

KEYWORDS: Biomass, Olive by-products, Olive pomace, Circular economy, Bioeconomy.

1 INTRODUCCIÓN

El sector del olivar y del aceite de oliva es clave para la economía andaluza. Se trata del principal cultivo a nivel regional, con 1,65 millones de hectáreas (40% de la superficie agraria útil regional), cuya producción anual ronda los 3.500 millones de euros, lo que supone algo más del 30% del valor de la producción vegetal andaluza (CAGPDS, 2019; Analistas Económicos de Andalucía, 2021). La producción media anual de aceite de oliva supera ampliamente el millón de toneladas, suponiendo más de un cuarto de la producción mundial, constituyéndose, así, como la principal región productora a nivel mundial.

La tendencia creciente en la superficie de olivar en Andalucía, con incrementos anuales superiores al 1% en el periodo 1984-2015 (Berbel y Delgado-Serrano, 2017), así como la intensificación de su producción (Guerrero-Casado *et al.*, 2021), ha llevado aparejado un incremento en la generación de subproductos, tanto en la fase agrícola (restos de poda), como industrial (hojín, huesecillo, orujillo y alpeorujo[1]). En concreto, la producción de estos subproductos excede ampliamente la producción de aceite de oliva, a razón, aproximadamente, de 5 kg de subproductos por kg de aceite producido (AAE, 2011; AGAPA, 2015).

La valorización de estos subproductos presenta un elevado potencial de generación de riqueza y empleo, en la medida que la cantidad producida es elevada y con una tendencia creciente, y que existe un escaso desarrollo de las alternativas asociadas a un mayor valor añadido, prevaleciendo actualmente aquellas situadas en la base de la "pirámide de valor" de la biomasa, especialmente las relacionadas con el aprovechamiento energético (Berbel y Posadillo, 2018).

A pesar de este potencial de valorización, no existe consenso en la literatura sobre la cuantificación de los subproductos del olivar valorizables en Andalucía. En efecto, si bien ha habido varias propuestas en lo que respecta tanto a la fase agrícola (SODEAN, 2003; Terrados Cepeda y Sánchez Flores, 2003; AAE, 2013; Secades *et al.*, 2017); como a la fase industrial (Cruz-Peragón *et al.*,

1 En Andalucía predomina ampliamente el sistema de extracción en dos fases (Alburquerque *et al.*, 2004), mientras que, en otros países como Italia, Grecia, Portugal, Chipre o Malta, el porcentaje de producción en 2 fases es inferior al 10%; tan solo Croacia muestra niveles de producción en 2 fases superiores al 50% (Roig *et al.*, 2006).

2006; AGAPA, 2015; Secades *et al.*, 2017), se observa una gran disparidad en la estimación de los recursos biomásicos. Sirva como ejemplo las estimaciones realizadas en la fase agrícola a partir de SODEAN (2003) y Terrados Cepeda y Sánchez Flores (2003), siendo las segundas prácticamente el doble de las primeras. Estas discrepancias justifican la necesidad de hacer el análisis crítico de las estimaciones de los subproductos realizados hasta la fecha en este sector, especialmente de cara a identificar las limitaciones derivadas de las metodologías seguidas y de los datos empleados. Así, el análisis propuesto pretende servir para identificar de forma específica aquellos parámetros que requieren de una mejor evaluación, de cara a poder realizar estimaciones más precisas sobre la disponibilidad de subproductos del olivar. De esta forma, a través de una estimación robusta de los volúmenes producidos de estos subproductos se podría apoyar de manera más adecuada la toma de decisiones para la implementación de instrumentos de política que fomenten de manera eficiente el desarrollo del conjunto de las actividades de bioeconomía circular en el sector oleícola.

Por ello, el objetivo principal de este estudio es analizar críticamente las propuestas de cuantificación de los subproductos del olivar e industria oleícola, de cara a identificar cuáles ofrecen estimaciones más precisas y, por lo tanto, deben tomarse como referencia para una estimación rigurosa del potencial biomásico del sector. Si bien el estudio se centra en Andalucía, el interés del trabajo excede de este ámbito geográfico, ya que la mayor parte de los resultados obtenidos pueden extrapolarse a otras regiones productoras.

Para alcanzar el objetivo general, se establecen los siguientes objetivos específicos:

1. Analizar críticamente las principales publicaciones científicas relacionadas con la cuantificación de los subproductos procedentes del sector del olivar.
2. Aplicar sus propuestas metodológicas a los datos medios de las últimas 5 campañas del sector oleícola andaluz, comparando las estimaciones resultantes.
3. Determinar cuáles de ellas se adaptan mejor a las características andaluzas y realizar recomendaciones para la mejora en las estimaciones del potencial biomásico del sector.

2 MÉTODO

La metodología empleada en este trabajo se basa en la revisión bibliográfica de las principales propuestas de cuantificación de los recursos biomásicos producidos en la fases agrícola e industrial, y su aplicación para las últimas cinco campañas. De esta manera, seguidamente se exponen los antecedentes de estimación de producción de recursos biomásicos en la fase agrícola –centrándonos fundamentalmente en la producción de restos de poda– y en la fase industrial. Esta sección aborda asimismo la descripción de los datos utilizados para la cuantificación de los subproductos en ambas fases para el caso de Andalucía.

2.1 Cuantificación de biomasa residual procedente de la poda de olivar

En la literatura científica son varias las publicaciones que abordan la producción de biomasa residual procedente de la poda de olivar[2] como consecuencia de su importancia, tanto a nivel de volumen residual, como por su valor energético. En esta línea se observan dos tipos de trabajos, los que emplean metodologías más directas o menos elaboradas, como Civantos (1981), Terrados Cepeda y Sánchez Flores (2003), SODEAN (2003), Vera *et al.* (2014) o Secades *et al.* (2017), y otras que presentan metodologías más elaboradas, entre las que cabe destacar los trabajos de Spinelli y Picchi (2010), AAE (2011) y Velázquez-Martí *et al.* (2011).

Civantos (1981) propuso las siguientes expresiones para cuantificar los restos de poda de olivar:

$$y^{-1}=0{,}88x+4{,}76$$
$$y^{-2}=0{,}74x-6{,}48$$

donde, y_1 es el peso de los ramones obtenidos en la poda bienal del olivo, y_2 es el peso de la leña obtenida en la poda bienal del olivo, ambas medidas en kg por olivo y año, y x es la producción media anual de aceituna, medida igualmente en kg por olivo y año. En este trabajo no se aporta ningún tipo de información agronómica sobre la metodología seguida para la obtención de estas fórmulas las cuales, además, son para poda bienal, lo que no representa a la totalidad del olivar andaluz. A pesar de ello, éstas han sido referenciadas en diversos estudios posteriores, como los de Medina y Hernández (2006) y Berbel y Delgado-Serrano (2017).

Terrados Cepeda y Sánchez Flores (2003) evalúan el potencial biomásico de los residuos de la poda de olivar, distinguiendo entre superficie aprovechable y no aprovechable[3]; y entre biomasa procedente del ramón de poda (fracción fina) y biomasa procedente de la leña de poda (fracción gruesa). En la se pueden consultar los parámetros propuestos por estos autores.

Tabla 1. Indicadores de producción de biomasa procedente de restos de poda (en t/ha/año).

Comarca	*Residuo ramón*	*Residuo leña*	*Residuo total*
Sª Morena	2,05	1,13	3,18
El Condado	1,72	0,91	2,63
Sª de Segura	1,60	0,71	2,30
Campiña del Norte	2,03	1,13	3,16

2 En la fase agrícola no se ha considerado la producción de otros potenciales subproductos, como por ejemplo los relativos a las cubiertas vegetales, dado que se recomienda la permanencia de la biomasa seca en el propio suelo (Gómez y Giráldez, 2009).

3 Aquella que por sus características no presenta condiciones de rentabilidad para su aprovechamiento como residuo.

La Loma	2,19	1,25	3,44
Campiña del Sur	1,87	1,04	2,91
Sª Mágina	1,88	0,91	2,79
Sª de Cazorla	1,88	0,93	2,80
Sª Sur	1,94	0,99	2,93
Total, Jaén	1,96	1,06	3,02

Fuente: Terrados Cepeda y Sánchez Flores (2003).

Este trabajo no cuantifica toda la biomasa procedente del olivar, sino solo aquella cuyo aprovechamiento puede ser rentable a juicio de los autores, dejando fuera (en el caso de Jaén) el 26% de la superficie.

Por otro lado, SODEAN (2003) propone unos índices de producción de biomasa por hectárea de cultivo de olivar, diferenciando entre secano y regadío y, en cada caso, para olivar intensivo y extensivo (ver Tabla 2). En el estudio no se aporta información sobre las plantaciones muestreadas, ni tampoco sobre aspectos agronómicos del olivar analizado, como la variedad, edad de la plantación, marco, rendimiento, etc.; cuya diferenciación permitiría una mejor aplicación a nivel andaluz.

Tabla 2. Indicadores de producción de biomasa procedente de restos de poda (en t/ha/año).

Tipo de olivar	*Secano*	*Regadío*
Intensivo	1,710	1,713
Extensivo	1,446	1,712

Fuente: SODEAN (2003).

Vera *et al.* (2014) analizan la viabilidad y rentabilidad de una planta generadora de energía eléctrica y térmica instalada en una almazara de Úbeda (Jaén). En la publicación se aporta un índice de producción de restos de poda entre 2,5 y 3,0 t/ha/año, sin tener en cuenta aspectos como la pendiente, la variedad o el tipo de cultivo (secano/regadío) (ver Tabla 3).

Tabla 3. Indicadores de producción de biomasa procedente de restos de poda (en t/ha/año).

Prod. biomasa mínima	*Prod. biomasa máxima*
2,5	3,0

Fuente Vera *et al.* (2014).

Por último, Secades *et al.* (2017) aporta índices de producción de biomasa en las principales comunidades autónomas españolas productoras de aceite de oliva (Andalucía, Castilla-La Mancha, Extremadura y Cataluña) para olivar en secano y en regadío, diferenciando si la pendiente es mayor o menor del 10% (ver Tabla 4). Su aplicación se realiza para olivares con pendiente inferior al 20%, lo que dejaría fuera al 30% de la superficie andaluza de olivar (CAPDS, 2015).

Tabla 4. Indicadores de producción de biomasa procedente de restos de poda (en t/ha/año).

Tipo de olivar	*Secano*	*Regadío*
Pendiente<10%	1,6	1,7
Pendiente>10%	1,4	1,6

Fuente: Secades *et al.* (2017).

Entre las publicaciones con metodologías más elaboradas, Spinelli y Picchi (2010) analizan 7 parcelas de olivar en la zona de Palenciana (Córdoba). El objetivo del trabajo es la evaluación técnico-económica de dos tipos de maquinaria de triturado y recogida de restos de poda, aportándose información de cantidad de biomasa generada por hectárea. Se debe indicar que el trabajo, al no perseguir la cuantificación directa de la biomasa, sino el comportamiento de la maquinaria de recolección de restos de poda, no diferencia entre variedades de olivo, ni se evalúan parcelas con pendientes superiores al 10%, lo que excluye aproximadamente a dos terceras partes del olivar andaluz (CAPDS, 2015). Así, solo se muestran datos medios de cuantificación de restos de poda, tanto seca como húmeda, por unidad de superficie (ha) y unidad productiva (árbol).

Tabla 5. Indicadores de producción de biomasa procedentes de restos de poda.

Indicador	*Parcela*							*Media*
	1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	
Marco de plantación	9×7	14×14	14×14	14×14	14×14	10×9	7×5	
Superficie (ha)	6,57	1,61	7,04	8,61	12,9	10,2	18,44	9,72
Biomasa húmeda (t/ha/año)	1,613	1,988	7,031	2,067	1,767	1,078	1,236	1,63
Humedad (%)	25	35	35	26	30	27	26	28
Biomasa seca (t/ha/año)	1,210	1,292	4,570	1,530	1,237	787	915	1,16

Fuente: Spinelli y Picchi (2010).

La Agencia Andaluza de la Energía (AAE, 2011) aporta unos índices máximos, mínimos y medios de producción de biomasa procedente de restos de poda de olivar, distinguiendo entre secano y regadío (ver Tabla 6). Sin embargo, no se aporta información sobre aspectos agronómicos,

ni se especifican los niveles de producción de los olivares analizados. Asimismo, aunque los indicadores se han obtenido a partir de experiencias de campo de la propia Agencia, no se aporta información sobre la localización y procedimiento de la toma de muestras realizada.

Tabla 6. Indicadores de producción de biomasa procedente de restos de poda (en t/ha/año).

Tipo de olivar	*Secano*	*Regadío*
Olivar de poca producción	0,6726	0,7859
Olivar de producción media	1,7701	2,0682
Olivar de mucha producción	2,4250	2,8334

Fuente: AAE (2011).

Por último, el estudio más exhaustivo encontrado sobre la producción de restos de poda en olivar es el realizado por Velázquez-Martí *et al.* (2011). Estos autores analizan la poda de más de 2.100 olivos, considerando las siguientes variables agronómicas: variedad, marco de plantación, rendimiento, edad, tipo de poda, intensidad de poda y regadío/secano (ver Tabla 7). El estudio se realizó en una selección de parcelas distribuidas geográficamente en Cataluña, Valencia, Murcia, Albacete y Andalucía, cuantificándose en ellas la cantidad de biomasa producida por árbol y por hectárea para cada una de las variedades estudiadas. Igualmente, se analizó la influencia de distintas variables agronómicas en la producción anual de biomasa, obteniéndose diferencias estadísticamente significativas respecto de la variedad, edad de la plantación, rendimiento y régimen (regadío/secano). De lo mostrado en la Tabla 7 se puede extraer una media ponderada de la biomasa húmeda con hojas y seca sin hojas y para la poda anual de 2,31 y 1,31 t/ha/año, respectivamente.

Tabla 7. Indicadores de producción de biomasa procedente de restos de poda (en t/ha/año).

Tipo de poda	*Variedad*	*Biomasa húmeda con hojas (t/ha/año)*	*Biomasa seca sin hojas (t/ha/año)*
Anual	Arbequina	3,303	1,003
	Blanqueta	5,101	1,549
	Cornicabra	1,940	0,589
	Frantoio	2,384	0,724
	Grossal	1,222	0,371
	Manzanilla	6,751	2,050
	Picual	4,337	1,317
	Royal	1,439	0,437
	Serrana	9,345	2,838
	Villalonga	5,072	1,540

Bienal	Cornicabra	4,547	1,381
	Farga	9,829	2,985
	Manzanilla	11,624	3,530
	Marons	15,114	4,590
	Morrat	9,707	2,948
	Regne´s	5,687	1,727
	Royal	4,310	1,309

Fuente Velázquez-Martí *et al.* (2011).

Este trabajo contempla un amplio abanico de variedades agronómicas, sin embargo, al no estar hecho íntegramente en Andalucía, de las 10 variedades analizadas para poda anual, tan solo 3 se encuentran entre las 15 principales variedades andaluzas, lo que deja fuera el 34% de la superficie andaluza.

Finalmente, ninguno de los trabajos analiza el sistema de olivar de aceituna mesa[4], cuyas condiciones específicas de cultivo y variedades hacen que posea unos índices de generación de biomasa específicos y diferentes a los del olivar para aceite.

2.2 Cuantificación de la biomasa residual procedente de la industria oleícola

Antes de mostrar las aproximaciones a la estimación de biomasa residual procedente de la industria oleícola, conviene aclarar los subproductos biomásicos generados en la producción de aceite de oliva virgen, los cuales son:

1. Hojín: restos de hojas y ramas que se generan en la limpieza de la aceituna en las almazaras, aunque también se genera en las entamadoras. Sus principales usos son el compostaje, la incorporación directa al suelo como enmienda orgánica y la alimentación ganadera (AGAPA, 2015).
2. Huesecillo de aceituna: se extrae en gran parte de las almazaras (no todas) y se utiliza como combustible en caldera de biomasa.
3. Alpeorujo/alperujo u orujo graso húmedo: es el subproducto mayoritario que se genera como co nsecuencia de la obtención de aceite de oliva virgen. El alpeorujo puede ser considerado un subproducto intermedio, ya que su principal uso es la obtención de aceite de orujo en las extractoras a través de procedimientos físicos y/o químicos; o un subproducto final, ya que se puede utilizar como combustible para la generación de electricidad (CAP, 2010) o realizar compostaje con él (AGAPA, 2015).

4 Tan solo Velázquez-Martí *et al.* (2011) considera en su estudio algunas variedades que en Andalucía producen aceituna de mesa, como la manzanilla, pero no considera otras relevantes como gordal u hojiblanca. Tampoco se indica si la recogida de datos se realizó en olivares destinados a aceituna de mesa (lo cual puede presentar relevancia por el diferente manejo de la poda).

Los subproductos biomásicos generados en las extractoras son:

1. Huesecillo de aceituna: se extrae mediante un procedimiento físico previo a la obtención del aceite de orujo de oliva. Su principal uso es el autoconsumo térmico en las propias extractoras.
2 . Orujillo: es el subproducto generado tras la obtención de aceite de orujo por procedimientos físicos y químicos. Se aprovecha fundamentalmente para generación de energía eléctrica y, en algunos casos, para extracción de componentes de alto valor.

La producción de estos subproductos depende del tipo de empresa extractora y de los procesos de extracción que se realicen en ella (CAP, 2010).

Las publicaciones científicas que abordan la cuantificación de la biomasa residual procedente de la industria oleícola, al igual que ocurría con la biomasa de la fase agrícola, muestran una importante heterogeneidad en los índices aportados. A continuación, se analizan las principales publicaciones organizadas en dos grupos, donde se documentan los indicadores mostrados en la Tabla 8.

Un primer grupo está compuesto por los trabajos de Cruz-Peragón *et al.* (2006), AAE (2013), Vera *et al.* (2014), Romero-García *et al.* (2014) y García Martín *et al.* (2020). Todos tienen la característica común de no indicar la metodología para la obtención de los índices, de no analizar los restos de hojín en las entamadoras (y dos de ellos tampoco en las almazaras); y, en los casos de Romero-García *et al.* (2014) y García Martín *et al.* (2020), de mostrar solo la información en un gráfico de balance.

El segundo grupo es el compuesto por los estudios realizados por CAP (2010), AAE (2011), AGAPA (2015) y Secades *et al.* (2017). CAP (2010) y AGAPA (2015) son dos trabajos elaborados por la administración andaluza, basados en una encuesta a una muestra de almazaras, extractoras y entamadoras[5]. En ambos trabajos se aportan indicadores para hojín (tanto en almazaras como en entamadoras), hueso (en almazaras y extractoras), alpeorujo y orujillo. A pesar de utilizar métodos de estimación similares, metodológicamente difieren respecto a los cálculos en relación con el orujillo.

5 En CAP (2010) se obtiene la información a través de encuestas al 26% de las almazaras, el 88% de las extractoras y el 39% de las entamadoras en Andalucía, mientras que en AGAPA (2015) estos porcentajes son del 15% en almazaras, el 29% en extractoras y el 32% en entamadoras.

Tabla 8. Indicadores de producción de biomasa en la fase industrial.

Trabajo	*Unidad*	*Almazaras*			*Entamadoras*	*Extractoras*	
		Alpeorujo	*Hueso*	*Hojín*	*Hojín*	*Hueso*	*Orujillo*
Cruz-Peragón *et al.* (2006)	(1)	0,773					
	(2)					0,11	0,285
CAP (2010)	(1)	0,819	0,05	0,09	0,018		
	(2)					0,045	Balance
AAE (2011)	(3)	3,21	0,57	0,38			
AAE (2013)	(1)	0,73				0,083	0,197
Romero-García *et al.* (2014)	(1)	0,8					
	(2)					0,2	0,13
Vera *et al.* (2014)	(1)	0,625	0,095	0,09			
AGAPA (2015)	(1)	0,805	0,081	0,094	0,017		
	(2)					0,077[6]	Balance
Secades *et al.* (2017)	(1)			0,066			
	(2)						0,25
García Martín *et al.* (2020)	(1)	0,83				0,22	
	(2)						0,25

Fuente: Elaboración propia a partir de las diferentes publicaciones. (1) (t biomasa/t aceituna). (2) (t biomasa/t alpeorujo). (3) (t biomasa/t aceite).

En el trabajo de la AAE (2011) también se realiza una encuesta a 192 almazaras (el 22,5% del total) y 13 entamadoras (el 5% del total), aportándose indicadores de producción de hueso, alpeorujo y hojín en almazaras y solo hueso en entamadoras.

Secades *et al.* (2017) cuantifican el hojín y el orujillo producido en las almazaras a partir de una encuesta a 230 almazaras (el 17% del total) repartidas entre Andalucía, Castilla-La Mancha, Extremadura y Cataluña; mientras que para obtener el índice de producción de orujillo se encuestó al total de empresas extractoras de estas Comunidades Autónomas (N=69). Cabe señalar que en el cálculo del orujillo, Secades *et al.* (2017) y AGAPA (2015) siguen metodologías diferentes; mientras que en el segundo trabajo la cantidad de orujillo se obtiene por balance de masas, en el primero se obtienen unos indicadores de producción de orujillo en función del alpeorujo que entra en la extractora.

La aplicación e los resultados de estos trabajos a Andalucía se ve limitada por la disparidad en los mismos. Así, la producción de orujillo en extractoras se mueve en un rango entre 0,13 y 0,29 t de biomasa por t de alpeorujo, y la producción de hueso en almazaras entre 0,05 y 0,11 t de biomasa por t de aceituna.

2.3 Datos para la estimación biomásica del sector del olivar andaluz

Para la elaboración de este estudio, se han recopilado los datos a nivel provincial de superficie, producción y rendimiento, tanto para olivar de almazara como para olivar de mesa, y según secano y regadío, para las campañas 2015/16 a 2019/20, a partir de anuarios publicados por la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible de la Junta de Andalucía. De esta fuente se han obtenido, igualmente, datos sobre producciones de aceituna aderezada, aceite de oliva y aceite de orujo.

Otros datos relacionados con la distribución superficial de algunas variables clave se han obtenido de CAGPDS (2015). En concreto, la distribución de superficie de olivar para las distintas tipologías[7] y para las diferentes orientaciones productivas (almazara, mesa y mixtas), según variedad y según estratos de pendiente, así como la densidad de plantación provincial según orientaciones productivas. Los datos de orujo graso húmedo, orujo graso seco, aceite de orujo de extracción física y aceite de orujo de extracción química proceden del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA).

Finalmente, debe señalarse que, ante la falta de índices de producción de biomasa específicos para el olivar destinado a aceituna de mesa en la fase agrícola, se han aplicado a este tipo de olivar los mismos índices que al olivar destinado a aceite, como mejor aproximación disponible.

3 RESULTADOS

3.1 Fase agrícola

La Tabla 9 muestra las estimaciones de biomasa en la fase agrícola para cada una de las provincias andaluzas, así como para el conjunto de la Comunidad Autónoma, considerando para ello las propuestas metodológicas de los trabajos comentados previamente, incluyendo olivar de mesa y de almazara, tomando como referencia los datos medios del sector para período 2015/16-2019/20. Como puede observarse, existe una gran disparidad de resultados. A nivel andaluz los resultados se mueven en un rango entre 1,7 y 6,0 Mt (i.e. ratio de 3,4 valor máximo/valor mínimo), con un dato medio de 3,7 Mt y una desviación típica de 1,4. A nivel provincial, Sevilla muestra una horquilla mayor, con un mínimo de 0,3 y un máximo de 0,9 Mt; aunque la mayor dispersión de datos la muestra Huelva, con un coeficiente de variación de 0,5.

7 Olivar de bajo rendimiento, olivar de alta pendiente, olivar extensivo de densidad menor de 150 árboles/ha, olivar extensivo de densidad media, olivar intensivo y olivar superintensivo; con desglose según secano/regadío.

3.2 Fase industrial

Análogamente, la Tabla 10 muestra las estimaciones de producción de alpeorujo, hueso y hojín procedentes de las almazaras; de orujillo y hueso procedente de las extractoras; y de hojín procedente de las industrias entamadoras; elaboradas todas ellas a partir de las propuestas metodológicas indicadas en apartados anteriores. El análisis de la Tabla 10 pone de manifiesto que, aun existiendo disparidad de resultados al aplicar los índices de las diversas publicaciones, ésta es menor que en el caso de la biomasa agrícola.

3.2.1. Alpeorujo

Los resultados obtenidos en el caso del alpeorujo se encuentran entre 3,4 y 4,5 Mt anuales, con una media de 4,1 y una desviación típica de 0,4 Mt/año (véase Tabla 10 y Tabla 11). Esta variabilidad se reduce drásticamente para 6 de los 8 estudios analizados, mostrando resultados entre 4,0 y 4,5 Mt/año.

3.2.2. Hueso

Las estimaciones de producción de hueso realizadas para las 5 campañas consideradas muestran igualmente una gran disparidad. En almazara los resultados se mueven entre 0,3 y 0,6 Mt/año con una media de 0,5 y una desviación típica de 0,1 Mt/año; mientras que en extractora el rango es mayor, entre 0,1 y 1,2 Mt/año, con una media de 0,6 y una desviación típica de 0,4 Mt/año.

3.2.3. Hojín

En las almazaras los resultados son bastante homogéneos, moviéndose en un rango entre entre 0,4 y 0,5 Mt/año, con una media de 0,46 y una desviación típica de 0,06 Mt/año. En el caso del hojín en entamadoras, aplicando las únicas dos propuestas de cálculo disponibles, se obtienen valores muy parecidos, en torno a 0,006 Mt/año.

3.2.4. Orujillo

Respecto al subproducto principal de las extractoras, el orujillo, cabe apuntar que la estimación obtenida a partir de Romero-García *et al.* (2014) se ha considerado anormalmente reducida, por lo que se ha decidido ignorar en el análisis. Si se excluye este resultado, las estimaciones de producción de este subproducto se encontrarían entre 1,1 y 2,1 Mt/año con una media de 1,5 y una desviación típica de 0,3 Mt/año.

Tabla 9. Producción media anual de biomasa procedente de restos de poda de olivar para las campañas 2015/16–2019/20 (t/año).

Provincia	*Civantos (1981)*	*SODEAN (2003)*	*Terrados Cepeda y Sánchez Flores (2003)*	*Spinelli y Picchi (2010)*	*AAE (2011)*	*Veláz-quez-Martí et al. (2011)*	*Vera et al. (2014)*	*Secades et al. (2017)*	*Media*	*Desv. típica*	*Coef de variación*
Almería	56.917	29.571	57.609	31.025	41.197	71.076	52.501	21.159	45.132	16.021	0,35
Cádiz	43.040	39.866	77.667	41.827	46.160	95.831	70.780	26.681	55.232	21.952	0,40
Córdoba	1.151.523	531.808	1.036.064	557.970	658.409	1.278.054	944.194	360.288	814.789	310.397	0,38
Granada	404.523	316.888	617.360	332.478	381.597	761.750	562.617	217.681	449.362	169.605	0,38
Huelva	34.091	50.334	98.061	52.811	22.525	120.678	89.366	35.939	62.976	33.018	0,52
Jaén	1.808.979	936.745	1.824.961	982.828	1.145.398	2.251.794	1.663.137	650.110	1.407.994	519.367	0,37
Málaga	309.453	210.565	410.221	220.923	257.350	505.584	373.845	144.929	304.109	111.769	0,37
Sevilla	729.309	365.834	712.716	383.831	405.363	872.750	649.518	289.189	551.064	200.986	0,36
Andalucía	4.537.835	2.481.611	4.834.659	2.603.694	2.957.999	5.957.518	4.405.957	1.745.976	3.690.656	1.352.711	0,37

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. Producción media anual de biomasa procedente de la industria oleícola para las campañas 2015/16 – 2019/20 (t/año).

Industria	*Sub-producto*	*Cruz-Peragón et al. (2006)*	*CAP (2010)*	*AAE (2011)*	*AAE (2013)*	*Romero-García et al. (2014)*	*Vera et al. (2014)*	*AGAPA (2015)*	*Secades et al. (2017)*	*García Martín et al. (2020)*
Almazara	Alpeorujo	4.240.192	4.491.938	3.514.294	4.003.803	4.387.729	3.427.914	4.415.153		4.524.846
	Hueso		286.930	624.033			521.043	444.258		
	Hojín		513.858	416.022			493.620	515.558	361.439	
Extractora	Orujillo	1.208.455	1.818.961		1.080.478	771.869		2.080.031	1.484.363	1.497.970
	Hueso	634.565	268.967		455.227	1.187.490		108.353		1.206.626
Entamadora	Hojín		6.189					5.874		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11. Producción máxima, mínima y media anual de biomasa procedente del sector oleícola para las campañas 2015/16 – 2019/20 (t/año).

Fase	*Sub-producto*	*Máximo*	*Mínimo*	*Media*	*Desv. Típica*	*Coef de variación*
Agrícola	Restos poda	5.957.518	1.745.976	3.690.656	1.352.711	0,37
Almazara	Alpeorujo	4.524.846	3.427.914	4.125.733	408.439	0,10
	Hueso	624.033	286.930	469.066	122.989	0,26
	Hojín	515.558	361.439	460.099	61.263	0,13
Extractora	Orujillo	2.080.031	1.080.478	1.528.376	340.242	0,22
	Hueso	1.206.626	108.353	643.538	423.324	0,66
Entamadora	Hojín	6.189	5.874	6.032	157	0,03

Fuente: Elaboración propia.

4 DISCUSIÓN

4.1 Biomasa residual procedente de la poda de olivar

En los resultados de las distintas propuestas analizadas existe una elevada heterogeneidad. Por ejemplo, dentro del grupo de publicaciones con metodologías menos elaboradas, Terrados Cepeda y Sánchez Flores (2003) y Vera *et al.* (2014) aportan índices de producción de biomasa entre 2,5 y 3,0 t/ha/año; mientras que los resultados de SODEAN (2003) y Secades *et al.* (2017) se encuentran entre 1,4 y 1,7 t/ha/año.

Por otro lado, Terrados Cepeda y Sánchez Flores (2003) y Civantos (1981) son los dos únicos estudios que establecen indicadores parciales de residuo de ramón y residuo de leña, lo que contrasta con los trabajos de SODEAN (2003) y Secades *et al.* (2017), en los que se distingue entre secano y regadío, el primero incorporando la diferenciación entre intensivo y extensivo, y el segundo incluyendo la pendiente como elemento diferenciador (mayor o menor del 10%). Es decir, en general, no hay homogeneidad en el establecimiento de los criterios agronómicos relevantes para la obtención de los índices.

El grupo de publicaciones con metodología más detallada (Spinelli y Picchi, 2010; AAE, 2011; Velázquez-Martí *et al.*, 2011) también muestra disparidad de resultados, seguramente derivadas de las diferencias metodológicas existentes. Spinelli y Picchi (2010) aportan un indicador medio de producción de biomasa de 1,6 t/ha/año, sin establecer diferenciaciones; la AAE (2011) diferencia entre secano y regadío y distintas intensidades productivas, con resultados entre 0,7 y 2,8 t/ha/año; y, finalmente, Velázquez-Martí *et al.* (2011) aporta datos entre 1,2 y 9,3 t/ha/año, dependiendo de la variedad.

En cualquier caso, para el conjunto de propuestas metodológicas, independientemente de su complejidad, se observan tres grupos de propuestas según cantidades estimadas; por un lado, Secades *et al.* (2017), SODEAN (2003) y Spinelli y Picchi (2010), todos ellos en un rango entre 1,4 y 1,7 t/ha/año; por otro lado, Terrados Cepeda y Sánchez Flores (2003) y Vera *et al.* (2014), que se sitúan en unas estimaciones más elevadas, entre 2,5 y 3,0 t/ha/año; y, finalmente, las propuestas de (AAE, 2011) y Velázquez-Martí *et al.* (2011), cuyos resultados se distribuyen entre los dos rangos anteriores.

También es reseñable la diferencia entre la biomasa producida por el olivar intensivo en regadío del trabajo de SODEAN (2003) (1,7 t/ha/año) y la del olivar de mucha producción en regadío del trabajo de la AAE (2011) (2,8 t/ha/año).

La metodología expuesta por Velázquez-Martí *et al.* (2011) se podría considerar adecuada para obtener la biomasa agrícola. Sin embargo, la existencia de información solo para 3 de las principales variedades andaluzas y que el resultado a nivel andaluz sea el mayor de todos los calculados (6 Mt/año), recomienda tener cautela en su aplicación.

Finalmente, los índices aportados por Spinelli y Picchi (2010) parecen los más razonables: son el resultado de experiencias de campo detalladas y son similares a los resultados de otros autores como AAE (2011) o SODEAN (2003). Sin embargo, los ensayos de campo se realizaron solo en explotaciones con pendiente inferior al 10%. A pesar de ello, de los índices analizados, parece que los aportados por estos autores deberían servir como referencia principal para la estimación de subproductos de olivar en la fase agrícola.

4.2 Biomasa residual procedente de la industria oleícola

Existen diferencias en los trabajos analizados en cuanto al tipo de recursos biomásicos considerados (alpeorujo, hueso, hojín u orujillo) y el número de industrias analizadas (almazaras, extractoras o entamadoras).

Así, AAE (2011) y Vera *et al.* (2014) solo analizan las almazaras, aunque de una forma bastante completa. Cruz-Peragón *et al.* (2006), AAE (Agencia Andaluza de la Energía) (2013), Romero-García *et al.* (2014) y García Martín *et al.* (2020) abordan el estudio de las almazaras y las extractoras, pero en las primeras la información de los subproductos no es completa. Finalmente CAP (2010) y AGAPA (2015), analizan, además de las almazaras y extractoras, las entamadoras, aportando información sobre todos los subproductos.

4.2.1. Alpeorujo

En este apartado los índices de las diferentes publicaciones se encuentran en una horquilla entre 0,6 y 0,8 t/t de aceituna. Sin embargo, las 6 publicaciones que muestran más homogeneidad

aportan resultados entre 0,7 y 0,8 t/t de aceituna. Así, el índice aportado por AGAPA (2015) (0,8 t/t de aceituna) se puede considerar el más adecuado para estimar la producción de alpeorujo, debido a su mayor actualidad y representatividad.

4.2.2. Hueso

Los resultados para este subproducto se deben de analizar en función de cómo se han obtenido los índices en las diferentes publicaciones. Un primer grupo formado por (AAE, 2011) y Vera *et al.* (2014) ha considerado que todo el hueso se produce en las almazaras, aportando índices similares cuya aplicación muestra una producción de hueso entre 0,6 y 0,5 Mt/año. Un segundo grupo en el que se encuentran los trabajos de (Cruz-Peragón *et al.*, 2006), (AAE, 2013), Romero-García *et al.* (2014) y García Martín *et al.* (2020), consideran que todo el hueso se produce en las extractoras, obteniendo resultados muy heterogéneos entre 0,5 y 1,2 Mt/año. Finalmente, un tercer grupo formado por CAP (2010) y AGAPA (2015) analiza tanto el hueso que se produce en almazara, como el que se produce en las extractoras, obteniéndose en ambos trabajos, un montante total de hueso de aceituna de 0,5 Mt/año.

Los resultados totales de la producción de hueso de aceituna (producido tanto en almazara como en extractora) se encuentran entre 0,5 y 1,2 Mt/año. Sin embargo, si se eliminan del análisis los datos aportados por Romero-García *et al.* (2014) y García Martín *et al.* (2020), dada la excesiva divergencia respecto del resto de trabajos (seguramente por presentar metodologías menos elaboradas), los resultados muestran bastante homogeneidad, encontrándose las estimaciones en un rango entre 0,5 y 0,6 Mt/año, con una media de 0,6 y una desviación típica menor de 0,1 Mt/año.

De todos estos últimos trabajos, se considera que los aportados por aquellos estudios que tienen en cuenta la extracción de hueso en almazara, esto es, CAP (2010) y AGAPA (2015), deberían servir como referencia para el cálculo de este subproducto.

4.2.3. Hojín

En este subproducto de las almazaras existe cierta homogeneidad de resultados, con índices que se encuentran entre 0,07 y 0,09 t/t de aceituna. El índice aportado en el trabajo de CAP (2010) se puede considerar el más adecuado para calcular la producción andaluza de hojín, al ser el que está elaborado con una encuesta de mayor representatividad (el 26% de las almazaras andaluzas).

En cuanto a la producción de hojín en entamadoras, los resultados de CAP (2010) y AGAPA (2015) son similares, aproximadamente 6.000 t/año. Ambos índices se pueden considerar adecuados para este tipo de subproducto, si bien se recomienda el uso de CAP (2010) por ser el estudio con la muestra más elevada (el 39% de las entamadoras andaluzas).

4.2.4. Orujillo

Analizados los diferentes enfoques metodológicos de AGAPA (2015) y Secades *et al.* (2017), este último se considera el más adecuado, dada su completa representatividad de las industrias extractoras que producen orujillo en las principales comunidades autónomas productoras de aceite. No obstante, hubiera sido deseable que el resultado se diese a nivel regional y no solo agrupado a nivel nacional.

4.3 Potencial biomásico del sector del olivar andaluz

La selección de los trabajos que aportan los mejores resultados supone la cuantificación actualizada más realista del potencial biomásico de Andalucía, obteniéndose un resultado de 2,6 Mt/año en la fase agrícola, 5,4 Mt/año en almazaras, 1,6 Mt/año en extractoras y 0,006 Mt/año en entamadoras.

Tabla 12. Potencial biomásico del sector del olivar en Andalucía (t/año) en la fase agrícola y en almazara.

Fase	*Subproducto*	*Biomasa (t/año)*
Agrícola	Restos de poda	2.603.694

Fase	*Subproducto*	*Biomasa (t/año)*
Almazara	Alpeorujo	4.415.153
	Hueso*	444.258
	Hojín	513.858
Total		5.373.268

*Incluye hueso autoconsumido en almazaras, que supone el 19% del total (AGAPA, 2015).

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Potencial biomásico del sector del olivar en Andalucía (t/año) en extractoras y entamadoras

Fase	*Subproducto*	*Biomasa (t/año)*
Extractora	Orujillo	1.484.363
	Hueso*	108.353
Total		1.592.716

Fase	*Subproducto*	*Biomasa (t/año)*
Entamadora	Hojín	6.189

*Incluye hueso autoconsumido.

Fuente: Elaboración propia.

5 CONCLUSIONES

El análisis de los diferentes trabajos científicos que abordan la cuantificación de la biomasa procedente del olivar y su aplicación a los datos medios de las campañas oleícolas 2015/16-2019/20, pone de manifiesto una elevada disparidad de resultados en función de la propuesta metodológica utilizada para dicha cuantificación.

En el caso de la biomasa procedente de la poda del olivar, y ante los resultados expuestos, se concluye que el trabajo realizado por Spinelli y Picchi (2010) es la mejor referencia de entre las disponibles para el cálculo de esta biomasa. Así, la cuantificación más realista en Andalucía para este tipo de biomasa se cuantifica en 2,6 Mt/año.

A pesar de ello, parece obvio que la cuantificación de los restos de poda del olivar representa un ámbito de conocimiento todavía abierto a investigación, especialmente en lo que respecta a aportar datos de campo que permitan realizar una estimación más precisa y concluyente.

Como recomendación para mejorar los indicadores actuales, se deberían seguir los pasos metodológicos de Velázquez-Martí *et al.* (2011) aplicados solo a la poda anual, pero con las siguientes consideraciones:

1. En el análisis se deberían incluir las principales variedades andaluzas para olivar de mesa y de almazara expuestas en el plan director del olivar (CAPDS, 2015).
2. Se deberían obtener índices de producción de biomasa para explotaciones en plena producción, con distintos estratos de pendiente, según secano/regadío, diferentes densidades de plantación y técnicas de producción (convencional, integrado y ecológico), asegurándose en todo caso una distribución espacial representativa de los contextos productivos que caracterizan al olivar andaluz.

En el caso de la biomasa industrial, los trabajos que se pueden considerar más adecuados para estimar los subproductos del olivar son: para el alpeorujo, los indicadores propuestos por AGAPA (2015), para el hueso los trabajos de CAP (2010) y AGAPA (2015); para el hojín, los indicadores de CAP (2010); y para el orujillo los resultados de Secades *et al.* (2017).

Así, la mejor cuantificación de la biomasa procedente de la industria oleícola andaluza alcanzaría los valores de 5,4 Mt/año en almazaras, 1,6 Mt/año en extractoras y 0,006 Mt/año en entamadoras.

A pesar de ello, las diferencias metodológicas y disparidad de resultados nos llevan a plantear la necesidad de abordar trabajos con las siguientes características:

1. En el caso del alpeorujo, aplicaciones de mayor actualidad y cuya muestra represente un porcentaje elevado de la producción.
2. En cuanto al hueso, que cuantifiquen su producción, tanto en almazaras (al alza en los últimos años) como en extractoras y en entamadoras (en estas últimas la revisión bibliográfica no ha aportado resultados que permitan cuantificar la producción de hueso.
3. Finalmente, para el orujillo, trabajos cuyo indicador sea el resultado de encuestas a nivel andaluz.

Las especificaciones tecnológicas deberían ser tenidas en cuenta al abordar nuevos trabajos, no tanto en almazaras (la gran mayoría trabajan con el sistema de dos fases), como en extractoras, donde los procesos pueden ser más diversos.

Teniendo en cuenta el análisis realizado, se concluye que la mejor cuantificación de los subproductos biomásicos procedentes del olivar andaluz se cifra en 8 Mt/año a la salida de las almazaras (considerando el alpeorujo como un subproducto y finalizando la cadena de valor del aceite de oliva en las almazaras) o en 5,2 Mt/año considerando el alpeorujo como un producto intermedio que es destinado íntegramente a la obtención de aceite en las extractoras. Estas cuantías incluyen los subproductos de la fase agraria, que presentan aprovechamientos especialmente relacionados con conservación del suelo, a través de picado y esparcido de los restos de poda, y de energía térmica, siendo una parte quemados en la propia explotación. Asimismo, debe apuntarse que estas cuantías se refieren a biomasa con cierto contenido de humedad, de manera que habría que realizar la estimación posterior de biomasa seca (que es la proporción que se aprovecha en la mayoría de los casos).

Esta información se considera clave para el desarrollo de actividades de bioeconomía circular en la región. Asimismo, del análisis se deriva igualmente la necesidad de información a nivel regional para poder estimar los subproductos del sector oleícola, dadas las especificidades de los sistemas de cultivo e industriales de cada región. En efecto, en este trabajo se ha contado con el caso de estudio de Andalucía, posiblemente uno de los que más información disponible presenta, si bien los resultados se antojan extrapolables a regiones con características parecidas (predominio de sistema de dos fases, condiciones edafoclimáticas parecidas, etc.). Sin embargo, a pesar de haberse estudiado la producción de subproductos de olivar de forma extensa en esta región, parece evidente la necesidad de aportar estimaciones de recursos biomásicos a nivel regional más actuales, precisas y con mayor rigor metodológico.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAE (Agencia Andaluza de la Energía). (2011): *Potencial de biomasa en Andalucía. Metodología*, Sevilla, Consejería de Economía, Innovación, Ciencia y Empleo, Junta de Andalucía.

AAE (Agencia Andaluza de la Energía). (2013): *La biomasa en Andalucía*, Sevilla, Consejería de Economía, Innovación, Ciencia y Empleo, Junta de Andalucía.

AGAPA (Agencia de Gestión Agraria y Pesquera de Andalucía). (2015): *Evaluación de la producción y usos de los subproductos de las agroindustrias del olivar en Andalucía*, Sevilla, Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Junta de Andalucía, doi: 10.13140/RG.2.2.14921.39520.

Alburquerque, J.A., Gonzálvez, J., García, D. y Cegarra, J. (2004): «Agrochemical characterisation of "alperujo", a solid by-product of the two-phase centrifugation method for olive oil extraction». *Bioresource Technology,* 91(2), 195-200, doi: 10.1016/S0960-8524(03)00177-9.

Analistas Económicos de Andalucía. (2021): *El sector agrario en Andalucía 2020*, Málaga, Unicaja Banco.

Berbel, J. y Delgado-Serrano, M.M. (2017): «La economía y la bioeconomía en el sector del olivar y del aceite.». en Gómez-Limón, J.A. y Parras Rosa, M. (eds.) *Economía y comercialización de los aceites de oliva. Factores y perspectivas para el liderazgo español del mercado global.*, Almería, Cajamar, 397-412.

Berbel, J. y Posadillo, A. (2018): «Review and analysis of alternatives for the valorisation of agro-industrial olive oil by-products». *Sustainability,* 10(1), 237, doi: 10.3390/su10010237.

CAGPDS (Consejería de Agricultura Ganadería Pesca y Desarrollo Sostenible). (2019): *Anuario 2019*, Sevilla, Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible, Junta de Andalucía.

CAP (Consejería de Agricultura y Pesca). (2010): *Potencial energético de los subproductos de la industria olivarera en Andalucía*, Sevilla, Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía.

CAPDS (Consejería de Agricultura Pesca y Desarrollo Sostenible). (2015): *Plan director del olivar.*, Sevilla, Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Sostenible, Junta de Andalucía.

Civantos, L. (1981): «Aprovechamiento de ramones y leña en el olivar». *Agricultura: Revista Agropecuaria y Ganadera,* 585, 180-181.

Cruz-Peragón, F., Palomar, J.M. y Ortega, A. (2006): «Ciclo energético integral del sector oleícola en la provincia de Jaén (España)». *Grasas y Aceites,* 57(2), 219-228, doi: 10.3989/gya.2006.v57.i2.

García Martín, J.F., Cuevas, M., Feng, C.-H., Mateos, P.Á., Torres García, M. y Sánchez, S. (2020): «Energetic valorisation of olive biomass: Olive-tree pruning, olive stones and pomaces». *Processes,* 8(5), 511, doi: 10.3390/pr8050511.

Gómez, J.A. y Giráldez, J.V. (2009): «Erosión y degradación de suelos». en Gómez Calero, J.A. (ed.): *Sostenibilidad de la producción de olivar en Andalucía*, Sevilla, Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía, 68-125.

Guerrero-Casado, J., Carpio, A.J., Tortosa, F.S. y Villanueva, A.J. (2021): «Environmental challenges of intensive woody crops: The case of super high-density olive groves». *Science of The Total Environment,* 798, 149212, doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.149212.

Medina, M.A. y Hernández, J.C. (2006): «La biomasa procedente de las podas del olivar en Mágina». *Sumuntán,* 23, 89-108.

Roig, A., Cayuela, M.L. y Sánchez-Monedero, M. (2006): «An overview on olive mill wastes and their valorisation methods». *Waste Management,* 26(9), 960-969, doi: 10.1016/j.wasman.2005.07.024.

Romero-García, J.M., Niño, L., Martínez-Patiño, C., Álvarez, C., Castro, E. y Negro, M.J. (2014): «Biorefinery based on olive biomass. State of the art and future trends». *Bioresource Technology,* 159, 421-432, doi: 10.1016/j.biortech.2014.03.062.

Secades, P.M., Ramos, E.R., Perdices, M.B., Negro, M.J., Gallego, F.J., Linares, J.C.L. y Galiano, E.C. (2017): «Residual biomass potential in olive tree cultivation and olive oil industry in Spain: valorization proposal in a biorefinery context». *Spanish Journal of Agricultural Research,* 15(3), 12, doi: 10.5424/sjar/2017153-10868.

SODEAN (Sociedad para el Desarrollo Energético de Andalucía). (2003): *Potencial y aprovechamiento energético de la biomasa del olivar en Andalucía*, Sevilla, SODEAN.

Spinelli, R. y Picchi, G. (2010): «Industrial harvesting of olive tree pruning residue for energy biomass». *Bioresource Technology,* 101(2), 730-735, doi: 10.1016/j.biortech.2009.08.039.

Terrados Cepeda, J. y Sánchez Flores, F.J. (2003): «Recursos biomásicos del olivar: Un modelo logístico para su aprovechamiento». en Asociación Española de Ingeniería de Proyectos (ed.): *Actas del VII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos*, Pamplona, Universidad Pública de Navarra, 272.

Velázquez-Martí, B., Fernández-González, E., López-Cortés, I. y Salazar-Hernández, D.M. (2011): «Quantification of the residual biomass obtained from pruning of trees in Mediterranean olive groves». *Biomass and Bioenergy,* 35(7), 3208-3217, doi: 10.1016/j.biombioe.2011.04.042.

Vera, D., Jurado, F., Margaritis, N. y Grammelis, P. (2014): «Experimental and economic study of a gasification plant fuelled with olive industry wastes». *Energy for Sustainable Development,* 23, 247-257, doi: 10.1016/j.esd.2014.09.011.

INNOVACIÓN EN EL CULTIVO DEL OLIVAR Y DESARROLLO TERRITORIAL: INTERIOR RURAL DE LA COMUNITAT VALENCIANA

Budí Orduña, Vicente. Instituto Desarrollo Local, Universitat Jaume I, budi@uji.es
Rubert Nebot, Juan José. Instituto Desarrollo Local, Universitat Jaume I, rubert@uji.es

RESUMEN: El cultivo del olivo y la producción de aceite de oliva en la Comunitat Valenciana se caracteriza, desde un enfoque territorial, por tratarse de un cultivo de secano que tiene lugar, especialmente en la provincia de Castellón, en zonas condicionadas tanto por la despoblación como por una elevada ratio de envejecimiento. Este contexto poblacional limita las posibilidades de continuidad del olivar, resultando prioritario conocer la capacidad del sector para aplicar innovaciones partiendo de la situación preexistente: un cierto conocimiento asociado al territorio y una estructura de la producción y de la propiedad específicas. Este trabajo se centra en el análisis de las tendencias de producción, así como en las posibilidades de incorporar nuevas técnicas partiendo de una base de conocimiento tradicional. El uso de la metodología Delphi nos permite identificar los agentes más relevantes en relación con su capacidad de innovación e influencia para la transmisión del conocimiento (prescriptores y efectos *spillovers*), determinar las tendencias de innovación, identificar las necesidades formativas existentes, así como señalar las posibilidades de incorporar nuevos procesos en estos sistemas agrarios tradicionales.

PALABRAS CLAVE: Innovación territorial, knowledge spillovers, capacidad de innovación, aceite de oliva.

ABSTRACT: The cultivation of olive trees and the production of olive oil in the Valencia Community is characterised, from a territorial perspective, by the fact that it is a rainfed crop that takes place, especially in the province of Castellón, in areas conditioned by both depopulation and a high rate of ageing. This population context limits the possibilities of continuity of the olive grove, making it a priority to know the sector's capacity to apply innovations based on the pre-existing situation: a certain knowledge associated with the territory and a specific production and ownership structure. This work focuses on the analysis of production trends, as well as on the possibilities of incorporating new techniques from a traditional knowledge base. The use of the Delphi methodology allows us to identify the most relevant agents in relation to their capacity for innovation and influence for the transmission of knowledge (prescribers and spillovers), to determine innovation trends, to identify existing training needs, as well as to point out the possibilities of incorporating new processes in these traditional agricultural systems.

KEYWORDS: Territorial innovation, knowledge spillovers, innovation capacity, olive oil.

1. ÁMBITO TERRITORIAL

El cultivo del olivar es, junto con la vid, el almendro y algunos cereales, un claro representante de la agricultura valenciana de interior. En términos de superficie, el olivo supone aproximadamente el 20% del total de cultivos de secano (con cerca de 80.000 ha), distribuidas de forma similar entre las tres provincias que conforman la Comunitat Valenciana, si bien en la provincia de Castellón es donde el cultivo del olivar en regadío está menos presente (tabla1).

Tabla 1. Superficie de olivo y producción.

Cultivo	*Alicante*		*Castellón*		*Valencia*		*Comunitat Valenciana*	
	Sup. (ha)	Prod. (tn)	Sup. (ha)	Prod. (tn)	Sup. (ha)	Prod. (tn)	Sup. (ha)	Prod. (tn)
Olivar	29.013		32.743		32.197		93.953	
Secano (porcentaje)	23.048 (79,5%)		30.682 (93,7%)		26.054 (80,9%)		79.784 (84,9%)	
Producción (campaña 20-21)		48.307		42.831		42.998		134.136
Aceite oliva (campaña 20-21)		9.253		7.913		8.035		25.201
Producción (media 2009-2018)	27810	38929,2	33211,7	31462,7	31314,8	42364,6	92.337	112.757
Aceite oliva (media 2009-2018)		8287,3		6658,2		8227,2		23.173

Fuente: Consellería de Agricultura, GVA 2021, y elaboración propia.

De acuerdo con las peculiaridades del olivar valenciano, desde el gobierno autonómico se impulsó la creación de la Denominación de Origen Protegida *Aceite de la Comunitat Valenciana* (DOPACV[1]), en un intento de mejorar las condiciones tanto del cultivo del olivar como de la producción de aceite. Entre los objetivos de dicha D.O.P. se incluyen aspectos como la promoción de producto, la mejora en la capacidad técnica del sector, la certificación del producto y los incentivos a la mejora en los procesos productivos y, finalmente, la canalización de las demandas del sector hacia el mercado del aceite, así como actuar como interlocutor válido frente la administración.

1 En fase de autorización administrativa; https://doaceitecomunitatvalenciana.com/

Figura 1: Mapa sintético zonas de cultivo DOPACV



Fuente: DOPACV, 2022

La propuesta del Consejo Regulador (figura 1) incluye 75 municipios de interior la Comunitat Valenciana, y distingue ocho subzonas dentro de la Comunitat Valenciana que, de norte a sur, son: tres en Castellón (el Maestrat; la Plana Alta-Alcalatén; y las Sierras de Espadán y Calderona); tres en Valencia (Utiel-Requena y Valle de Ayora; Serranías del Turia-Ribera del Magro; y Macizo del Caroig-Vall d'Albaida); y dos en Alicante (Montaña de Alicante; y Vinalopó). En lo que se refiere a las variedades de aceituna autóctonas se incluyen (según porcentajes): *Farga* (10-25%), originaria y presente en el norte de Castellón; *Serrana* (20-40%), variedad predominante en la comarca del Alto Palancia; *Villalonga* (20-40%), que por requisitos de temperatura está más presente en la provincia de Alicante; *Blanqueta* (10-25%), originaria de la zona de Alcoy; y *Morruda* (5-10%), con menos productividad y repartida por toda la Comunitat.

En cuanto a la importancia del olivar en el territorio valenciano, debe hacerse referencia no sólo al hecho de que se trata de uno de sus principales cultivos sino, sobre todo y muy especialmente, al hecho de que el cultivo del olivo condiciona la forma en que la población de las zonas olivareras se relaciona con el territorio y supone, de facto, un elemento identitario e incluso vertebrador del territorio, lo que le otorga trascendencia socioeconómica, histórica y cultural en muchas de las comarcas del interior de la Comunitat Valenciana.

2. CONDICIONES SOCIOECONÓMICAS

Las condiciones en que se desarrolla generalmente el cultivo del olivar en la Comunitat Valenciana (parcelas de reducido tamaño medio, explotaciones en régimen de agricultura a tiempo parcial, así como un débil sistema de comercialización del aceite), y el proceso de despoblación al que se enfrentan las comarcas donde se da el cultivo del olivar, constituyen precisamente la motivación del presente trabajo.

La evolución en el cultivo del olivar está unida a cambios en la estructura demográfica que, a su vez, condiciona las decisiones de inversión, acometida de innovación en el sector y, finalmente, pone en riesgo la continuidad del cultivo tal como es entendido en la actualidad.

Por otra parte, y como se desprende de los datos recogidos en la tabla 1, aproximadamente el 85% del cultivo se realiza en secano y éste se estructura en explotaciones de escaso tamaño (como puede verse en la Tabla 2, cerca del 65% de las explotaciones tienen menos de cinco hectáreas), divididas a su vez en diversas parcelas de tamaño medio. Condiciones que directamente explican los problemas de rentabilidad del sector y la dificultad que atraviesa para garantizar el relevo generacional en el cultivo y producción de aceite.

Tabla 2. Explotaciones de olivo en función de su tamaño.

	ESPAÑA		**Comunitat Valenciana**	
Explotaciones por tamaño (ha.)	**Total Explotaciones**	**%**	**Total Explotaciones**	**%**
< 1	3.459	0,90	124	0,38
1 a < 2	80.479	21,03	9.415	28,83
2 a < 5	115.645	30,22	11.452	35,07
5 a < 10	70.963	18,55	6.491	19,88
10 a < 20	49.007	12,81	3.258	9,98
20 a < 30	17.391	4,55	995	3,05
30 a < 50	16.766	4,38	453	1,39
50 a < 100	15.616	4,08	322	0,99
>=100	13.292	3,47	142	0,43
Explotaciones con SAU	**382.617**	**100**	**32.653**	**100**

Fuente: Encuesta sobre la Estructura de Explotaciones Agrícolas. INE (2016) y elaboración propia.

Cuestiones derivadas de la demografía ayudan a explicar el predominio del agricultor a tiempo parcial, los problemas para contratar mano de obra en época de recolección (además de una duración muy corta de la campaña) que se extienden incluso a la fase de producción de aceite, comercialización y servicios al productor que se desarrolla en torno a las almazaras.

Con este marco general, el objetivo de este trabajo ha sido el de identificar las partes del proceso productivo que pueden acoger innovaciones como estrategia para garantizar la supervivencia del sector, incluso en un contexto de agricultura a tiempo parcial y de relaciones económicas informales y en el entorno familiar[2].

3. METODOLOGÍA

Atendiendo al modo en que se cultiva el olivo, resultado de la estructura socioeconómica del territorio y del grado de especialización productiva e innovación aplicada en cada una de las fases de cultivo, transformación y comercialización, se identifican una serie de variables que determinan el mayor o menor comportamiento innovador del sector olivarero valenciano[3]. Estas variables vienen a ser: el tamaño de las explotaciones, el nivel formativo de los agentes implicados y, sobre todo, la predisposición a introducir innovaciones (ligada ésta a una mayor orientación de la producción al mercado); y todo ello, a su vez, está condicionado por la productividad agrícola, la edad media de los productores y los servicios de apoyo a la producción en un contexto generalizado de agricultura a tiempo parcial.

En este trabajo se identifican tres fases en el proceso productivo del aceite de oliva, todas ellas susceptibles de incorporar innovaciones dentro de sus tareas:

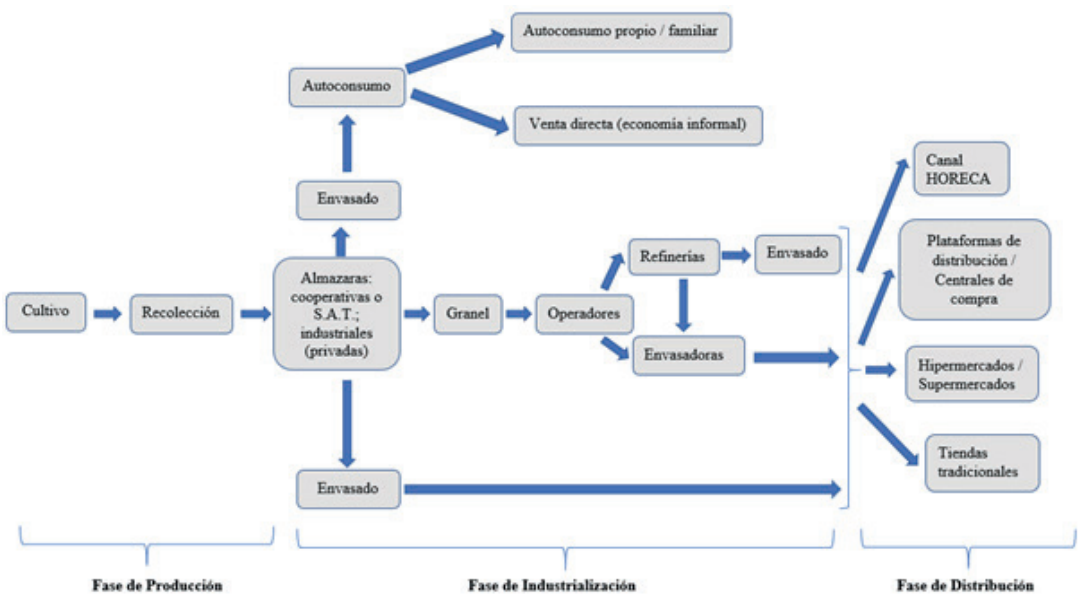
A.- Fase de cultivo.
Manejo del suelo (marco de cultivo y posible regadío)
Tratamientos y poda.
Recolección.
Gestión de la propiedad. Abandono de cultivos por razones de rentabilidad.
B.- Fase de transformación (almazara).
Tipos de almazaras y normas de funcionamiento.
C.- Comercialización.
Entrega de producto.
Comercialización.

De acuerdo con la estructura de tareas identificadas, es posible identificar la cadena de valor del aceite de oliva resultante (figura 2). De esta forma, se han identificado las fases productivas

2 Budí y Rubert, 2020.
3 García Álvarez-Coque et. al (2013).

susceptibles de incorporar innovaciones que incrementen el valor de la producción y que, a su vez, pueden contribuir a la continuidad de la oleicultura valenciana en un contexto territorial y socioeconómico desfavorable. De acuerdo con estas fases, se seleccionaron un grupo de agentes representativos (*stakeholders*) que ofreciesen información cualitativa relevante sobre el presente y futuro del cultivo del olivar. Para la elección de estos representantes sectoriales se ha atendido a tres criterios: en primer lugar, la dedicación a las tareas agrícolas a tiempo parcial o tiempo completo (diferenciando por edades entre menores y mayores de 50 años); en segundo lugar, la tipología de la almazara (extracción de aceite por partidas o en forma continua, tipo de propiedad en forma de cooperativa -o también S.A.T.- o industrial privada); y en tercer y último lugar, se ha tenido en consideración el método de entrega del producto así como el canal su comercialización.

Figura 2: Cadena de valor del sector oleícola.



Fuente: Elaboración propia en base a Agencia para el Aceite de Oliva, Observatorio de precios de los alimentos, Mº de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2010).

El ámbito territorial elegido ha sido las zonas de la provincia de Castellón del Maestrat y las sierras de Espadán y Calderona. La elección de estas dos zonas responde a tres criterios centrales del trabajo y que se corresponden con:

- Contexto de despoblación generalizado.
- Agricultura a tiempo parcial, que convive con explotaciones profesionalizadas que incluyen las fases de producción y comercialización de aceite.
- Elevada identificación sociocultural con el producto aceite de oliva, olivos milenarios y una posición central de las cooperativas oleicas en el territorio.

Respecto de las almazaras privadas, es posible segmentarlas en dos grupos. Un primer grupo con una finalidad de dar servicio a socios, pero con muy baja capacidad comercializadora y de creación de valor. Y, un segundo grupo, integrado por almazaras que incorporan innovación al proceso de producción y, sobre todo que realizan una comercialización bajo la idea de producto de alta calidad, precio elevado y rentabilidad.

Tabla 3. Identificación de agentes entrevistados.

Grupos seleccionados: 10 Total de entrevistas realizadas: 23 Periodo de realización entrevistas: septiembre a diciembre 2021	Número de entrevistas
Agricultores a tiempo completo (edad inferior a 50)	3
Agricultores a tiempo completo (edad superior a 50)	3
Agricultores a tiempo parcial (edad inferior a 50)	3
Agricultores a tiempo parcial (edad inferior a 50)	3
Responsable sección de cultivo (producción). Cooperativa	1
Almazara privada (porcentaje elevado de producción propia)	2
Almazara privada (servicio extracción aceite, sin producción propia)	2
Almazara cooperativa (responsable producción)	2
Comercialización aceite	3
Técnico de productos fitosanitarios (prescripción y venta)	1

La forma de abordar las entrevistas ha sido por medio de conversaciones de apariencia informal, de entre 30 y 120 minutos. La pregunta de partida, en todos los casos ha sido la valoración de sector y las posibilidades de futuro a corto y medio plazo. En los 4 grupos de agricultores se plantearon preguntas sobre rentabilidad, continuidad de la explotación y disponibilidad de ceder, arrendar o vender la propiedad de los olivos. Las preguntas a los bloques de técnicos de almazara, comercialización y sección de cultivo tenían como objetivo principal conocer la capacidad para identificar mercados, capacidad de innovar en producto (presentación y variedades), así como conocer las trabas y barreras que presenta el sector por razones de edad y sistema de propiedad y tamaño de parcelas.

4.- RESULTADOS

Los resultados recogen las posibilidades de incorporar innovación en cada una de las tres fases de producción identificadas y se presentan a continuación:

A.- Fase de cultivo.

De acuerdo con la práctica totalidad de los entrevistados, el elemento determinante en el cul-

tivo se corresponde con la gestión de la propiedad y surge por la importancia destacada de pequeños agricultores (muchos de ellos a tiempo parcial), en algunos casos agrupados por medio de cooperativas con escasos lazos de organización sectorial. Las posibilidades apuntadas para hacer frente a esta situación pasan por provocar una integración efectiva de estas explotaciones a través de las cooperativas existentes. En este sentido se están dando algunos primeros pasos muy débiles consistentes en establecer una serie de normas y criterios respecto del cultivo (fundamentalmente uso de productos fitosanitarios y técnicas de poda), así como algunos requisitos y cuidados en la fase de recolección necesarios para que el producto obtenga la calidad exigida en el mercado.

También relacionado con la mejora en el cultivo se encuentra la amplia oferta de cursos de formación sobre algunas técnicas de cultivo, tratamientos y otros temas como los requisitos para la transformación hacia cultivo ecológico. Estos cursos están orientados hacia técnicas de poda que permiten aumentar la cantidad y calidad del producto dentro de la idea general de buenas prácticas, cuidado de árboles monumentales (milenarios) y aprovechamiento turístico del olivar.

Como punto negativo en cuanto al cultivo, debemos señalar las barreras existentes a la integración de la propiedad. Lo llamativo de esta situación es que los límites expresados por los agentes entrevistados se nutren de razones sentimentales, a pesar incluso de ser conocedores de la baja rentabilidad del cultivo, de algunas iniciativas exitosas de gestión conjunta y de las dificultades para la continuidad futura del cultivo del olivar.

B.- Fase de transformación (almazara).

La fase de extracción del aceite es la que menos problemas provoca en cuanto a la introducción de innovaciones, fundamentalmente por tratarse de una parte del proceso muy regulado por las condiciones sanitarias y de calidad marcadas por la administración. Las propuestas señaladas por los entrevistados van en la línea de buscar una mejor planificación de la recogida (entrada del producto en almazara) que permitiese una mejor clasificación en variedad y calidad de los frutos. En general, y sobre todo en las almazaras de cooperativas se tiende a producir un cierto colapso los fines de semana del periodo de campaña que dificulta una adecuada planificación del proceso.

La situación en almazaras privadas con elevada producción propia es muy diferente, con una planificación de la recolección que permite ampliar la campaña en varias semanas, así como una comercialización que atiende a las distintas variedades y aporta mayor valor añadido al proceso.

C.- Comercialización.

El momento de la comercialización y entrega del producto es donde aparecen las principales diferencias que van desde el autoconsumo a la venta especializada.

Autoconsumo. Es el caso más representativo en pequeños agricultores, y especialmente en aquellos a tiempo parcial. En este caso, la diferencia está entre almazaras privadas que indivi-

dualizan la extracción de aceite incluso para pequeñas partidas de un único agricultor como uno de los servicios ofertados. Hasta las de tipo cooperativo en las que el socio retira el aceite que le corresponde con la cosecha de olivas entregadas. En ambos casos se da la venta informal de la cantidad que excede las necesidades de autoconsumo, siendo esta venta efectuada por lo general en el núcleo de relaciones familiares y personales más estrecho.

Venta a granel. Se trata de una opción necesaria en grandes cooperativas y empresas oleicas, si bien con una clara tendencia a la baja en la Comunitat Valenciana al ir estableciéndose otras fórmulas de venta que ponen en valor el origen del aceite y cierta identificación con el territorio.

Venta en garrafa PET 5 litros. Señalamos esta fórmula de venta al ser esta una de las más habituales en almazaras cooperativas. En este caso se pone en valor la procedencia del aceite y que suele tener compradores recurrentes año tras año que ponen en valor precisamente el componente territorial del aceite.

Venta en otros formatos. Este sistema es, sin duda, el que aglutina los principales cambios en la comercialización e incorpora elementos como diseño de envases, identificación de origen y variedad y, lo que es más importante, introduce elementos de calidad asociados al producto. Debemos señalar también que es este tipo de producto el que mejor se ha adaptado a la venta online, tiendas especializadas y canal HORECA.

5.- CONCLUSIÓN

Las conclusiones de este trabajo nos permiten apreciar tres aspectos relevantes en el cultivo del olivo y producción de aceite en la Comunitat Valenciana y que se relacionan con la gestión de la propiedad, el proceso de comercialización y el peso socioeconómico y cultural que tiene este cultivo en el interior rural afectado por problemas de despoblación.

La estructura de propiedad, centrada en pequeñas explotaciones de secano, con elevado predomino de la vecería en producción, junto a la situación de despoblación y agricultura a tiempo parcial suponen el principal obstáculo a la continuidad de este producto. La alternativa se encuentra en algunas cooperativas que, poco a poco, van implantando sistemas que garantizan el cultivo y que, junto a otros productos locales, contribuyen al mantenimiento de la agricultura en las áreas descritas. La experiencia de empresas privadas que combinan cultivo, almazara y comercialización es todavía incipiente y, aunque existen prueba de su rentabilidad, el sector tradicional se muestra reacio a incorporar su capacidad productiva en su cadena de valor por razones que, en gran medida, se apoyan en sentimientos de apoyo a una tradición familiar y al escaso valor económico que le otorgan al producto final.

La nota distintiva del sistema de comercialización es su reducido tamaño y el límite que impone una red comercial marcada por la proximidad y la dificultad para abastecer grandes superficies como canal de venta directa al consumidor. Al margen de los problemas conocidos de identificar la calidad asociada al AOVE y las dificultades en la prescripción del producto, el problema en la Comunitat Valenciana se sitúa también en la diseminación de marcas existente que hace difícil la identificación del producto, a pesar incluso de la DOPACV. Como contrapunto a esta tendencia, de nuevo son algunas cooperativas y almazaras privadas las que aportan valor añadido al producto con la introducción de oferta varietal (Farga, Picual y Arbequina), olivos milenarios y aceite en verde como estandartes de producto de calidad.

El tercer elemento que queremos destacar en este apartado de conclusiones es el referido al componente sociocultural del cultivo del olivo en el interior rural de la Comunitat Valenciana. Como se ha indicado, se trata de un elemento con un alto componente emocional en su cultivo y señalar el aceite como un producto propio que, pese al reducido valor económico, presenta una valoración emocional elevada. Este hecho permite una valoración positiva en cuanto que respeta el producto, el sistema agrícola tradicional y una serie de valores vinculados al territorio; si bien también muestra un lado negativo por las dificultades aparejadas a desvincular la propiedad de la gestión del cultivo y la producción de aceite.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia para el Aceite de Oliva, Observatorio de precios de los alimentos (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino) (2010): *Estudio de la cadena de valor y formación de precios del aceite de oliva*.

Budí, V., y Rubert, J.J. (2020): "El cultivo del olivo y la producción de aceite en la Provincia de Castellón", en Hermosilla, J. (ed.) *La innovación territorial y el empleo en la Comunitat Valenciana*, Ed. Universitat de València.

García Álvarez-Coque, J. M.; Pérez Ledo, P. y Santarremigia Casañ, E. (2013): "Perfiles innovadores en la agricultura valenciana", Cuadernos de Estudios Agroalimentarios, pp.153-169.

I.N.E. (2017): Encuesta sobre la estructura de las explotaciones agrícolas, año 2016.

IMPORTANCE-PERFORMANCE ANALYSIS EN EL SECTOR DEL OLEOTURISMO: UN ENFOQUE A TRAVÉS DE LOS TURISTAS NACIONALES.

Parrilla-González, Juan Antonio. Universidad de Jaén, japarril@ujaen.es
Vena-Oya, Julio. Universidad de Jaén, jvena@ujaen.es

RESUMEN: El oleoturismo se configura como una actividad con gran potencial para el desarrollo turístico de zonas rurales productoras de aceites de oliva. Entre los efectos positivos generados gracias al oleoturismo, las zonas rurales productoras de aceite de oliva y las empresas de las mismas, poseen ahora un componente motivacional generando nuevos productos turísticos que se comercializan dentro de este tipo de turismo. De esta forma, estas zonas, que durante años se han visto inmersas en el monocultivo del olivar, experimentan la oportunidad de diversificar su economía a través del desarrollo de un destino turístico único que destaca por la realización de actividades como visitar un campo de olivos, participar en la recogida de aceituna, visitar una almazara, centros de interpretación o museos o hacer catas y maridajes de productos (Cañero et al. 2015). Tomando como referencia la literatura científica sobre actividades turísticas y su configuración, estas son clave para estructurar las experiencias turísticas que giran en torno al aceite de oliva. En esta comunicación se pretende analizar y estructurar las principales actividades de oleoturismo en función de la matriz IPA (Importance-Performance Analysis), tomando como referencia la satisfacción de turistas nacionales con el objetivo de seleccionar y estructurar las actividades clave de la oferta de oleoturismo y cuales se deben mejorar para ofrecer un mejor servicio. Las implicaciones prácticas son evidentes y de gran utilidad para adaptar la oferta de oleoturismo disponible en las empresas oleoturísticas, principalmente almazaras, museos y centros de interpretación, desarrollando a través de la matriz, las actividades clave del oleoturismo desde la óptica del turista nacional ya que se proponen una serie de implicaciones para la gestión de este tipo de destinos.

PALABRAS CLAVE: Importance-performance analysis (IPA), Oleoturismo, Turismo nacional, Marketing turístico, Sector oleícola.

ABSTRACT: Olive oil tourism is configured as an activity with great potential for tourism development in rural areas that produce olive oil. Among the positive effects generated thanks to olive oil tourism, rural olive oil producing areas and their companies now have a motivational component by presenting new tourism products that are marketed within this type of tourism. In this way, these areas, which for years have been immersed in monoculture olive groves, experience the opportunity to diversify their economy through the development of a unique tourist destination that stands out for activities such as visiting an olive grove, participate in the olive harvest, visit an oil mill, interpretation centers or museums or do tastings and product pairings (Cañero et al. 2015). Taking as a reference the scientific literature on tourist activities and their configuration, these are key to structuring tourist experiences that revolve around olive oil. This communication aims to

analyze and structure the main oil tourism activities based on the IPA (Importance-Performance Analysis) matrix, taking as a reference the satisfaction of national tourists with the aim of selecting and structuring the key activities of the oil tourism offer. and which ones should be improved to offer a better service. The practical implications are evident and very useful for adapting the olive oil tourism offer available in olive oil tourism companies, mainly oil mills, museums and interpretation centers, developing through the matrix, the key activities of olive oil tourism from the point of view of the national tourist, since A series of implications for the management of this type of destinations are proposed.

KEYWORDS: Importance-performance analysis (IPA), Olive-Oil tourism, National tourism, Tourist Marketing, Olive-oil sector.

INTRODUCCIÓN

El oleoturismo es un elemento clave de gran importancia y ligado a actividades agropecuarias, cuya vinculación territorial hace que los oleoturistas irrumpan en el panorama local, enriqueciendo la experiencia de estos consumidores y facilitando el desarrollo de la cultura local como elemento diferenciador (Conell, 2005; Kivela y Crotts, 2006). Desde el punto de vista científico, el estudio del oleoturismo, pone de manifiesto que dicha actividad turística se encuentra en una fase incipiente, por lo que la ausencia de literatura relacionada con esta línea de investigación es importante (López-Guzmán et al., 2011; Moral Cuadra et al., 2014; Hernández-Mogollón et al., 2019). En este sentido, los estudios de oleoturismo desde la perspectiva de la oferta son los que más desarrollo han experimentado a nivel científico (Alonso y Northcote, 2010; Alonso y Krajsic, 2013; Millán-Vázquez de la Torre et al., 2017) aunque estos trabajos destacan por su carácter superficial y exploratorio, sin llegar a profundizar en el desarrollo de las actividades y experiencias turísticas relacionadas con el oleoturismo o por centrarse en estudiar su importancia como complemento de la actividad agrícola (Hernández-Mogollón et al., 2019).

Una de las cuestiones de mayor relevancia para muchas empresas del sector turístico es conocer como la gestión que hacen de sus servicios es valorada por sus clientes (Oh., 2001), medida a través de la experiencia del cliente como las reacciones subjetivas personales y las sensaciones asociadas con las actividades turísticas (Chen y Chen, 2010). De esta forma, la contribución de esta investigación se centra especialmente en evaluar las experiencias de oleoturismo en función del desarrollo de estas actividades desde el punto de vista de la oferta que, en un mercado especialmente saturado de alternativas turísticas poco diferenciadas, el éxito del oleoturismo radicará en diseñar una oferta que aporte valor al turista. Además, resulta especialmente interesante desarrollar estas actividades enmarcadas en una sociedad post-covid en la que los turistas demandan experiencias adaptadas y seguras (Murgado et al., 2021). Así, el objetivo de esta investigación es ampliar el conocimiento de esta tipología de turismo, especialmente desde el punto de vista de la adecuación de la oferta nacional, donde los estudios realizados hasta el momento son superficiales y exploratorios. Para

ello, a través de un Importance-Performance (I-P en adelante) Análisis se pretende conocer cuáles son las actividades clave en este sector desde el punto de vista de los turistas nacionales, así como la performance por parte de las empresas del mismo. Con ello se pretende realizar una serie de sugerencias que ayuden a la gestión y promoción de esta tipología de turismo teniendo en cuenta a turistas nacionales.

2. MARCO TEÓRICO

2.1.Importancia del oleoturismo como actividad clave para la diversificación

El oleoturismo se puede definir como un conjunto de actividades turísticas que giran en torno al aceite de oliva. Entre ellas se encuentran multitud de actividades de ocio rural como pueden ser las visitas a olivares y a almazaras, la degustación de aceites y degustación de platos típicos de una región en la que el aceite de oliva es el ingrediente estrella y en conjunto con otras actividades rurales, culturales, gastronómicas, urbanas o de naturaleza que permiten al visitante comprometerse con el ambiente de la región en cuestión (Murgado, 2013; Ortega y Parrilla, 2021).

En suma, la revisión de la literatura sobre la oferta refleja que la investigación sobre oleoturismo requiere un mayor desarrollo, algo que es lógico teniendo en cuenta que se trata de una actividad turística joven. Un cuerpo importante de la literatura está centrado en España, principal productor de aceite de oliva, y en concreto, en la región de Andalucía, algo lógico si tenemos en cuenta que es la principal zona productora del mundo (Millán et al., 2017; Murgado, 2013). Sin embargo, a pesar del legado que los países mediterráneos tienen con el AOVE, cabe destacar que otras regiones del mundo están contribuyendo con fuerza al desarrollo de esta práctica turística, buscando posicionarse en los mercados turísticos internacionales con esta especialización (Hernández-Mogollón et al., 2019).

En resumen, estos estudios han abordado diferentes temas como la situación del oleoturismo, el estudio de experiencias oleoturísticas concretas, el éxito de los destinos y/o regiones donde se realiza esta actividad y la relación existente entre el oleoturismo y otros elementos como la gastronomía, la cultura, el patrimonio, la naturaleza y el desarrollo local, todas ellas con el denominador común que destaca la importancia y el potencial turístico del oleoturismo.

2.2. Configuración de las actividades relacionadas con el oleoturismo

En la literatura científica, la configuración de actividades turísticas es clave para estructurar las experiencias turísticas. Buhalis (2003), define cinco componentes clave en cada destino: las atracciones turísticas disponibles (estas se basan en la calidad y atractivo, su naturaleza y su potencial cultural e histórico); la accesibilidad a los servicios auxiliares (infraestructuras que permiten el acceso a los servicios, servicios utilizados por población local, telecomunicaciones y otros servicios); comodidad y confort del destino (son las estructuras e infraestructuras que permiten disfrutar de las atracciones turísticas como son hoteles, instalaciones culturales como museos o centros deportivos); productos disponibles en el destino (es la configuración tal

cual entendemos un producto turístico en el destino y viene acompañado por un conjunto de actividades que dan forma a ese producto turístico) y finalmente las actividades (son aquellas que derivan del producto turístico configurado en el destino).

Middleton y Clarke (2001), especificaron una serie de factores que condicionan la actividad turística y que se resumen en: Atractivos turísticos de naturaleza, culturales y sociales, variedad y estructura de los alojamientos turísticos, gastronomía, eventos sociales y experienciales, disponibilidad de medios de transporte y accesibilidad al destino turístico, disponibilidad y calidad del destino turístico, relaciones con la población local, imagen del destino turístico, nivel de precios que ofrece el destino turístico, seguridad y limpieza, sostenibilidad del destino turístico, saturación del destino turístico e infraestructuras adicionales.

De acuerdo con la configuración de actividad turísticas (Buhalis, 2003) y los factores que condicionan dicha actividad turística (Middleton y Clarke, 2001), encontramos claramente actividades turísticas relacionadas con el oleoturismo ya identificadas. En estas actividades, el visitante puede conocer los destinos turísticos relacionados con la cultura del aceite de oliva con gran detalle (Alonso y Krajsic, 2013). De esta forma, las actividades destacadas en la literatura científica que hacen referencia al oleoturismo se clasifican en la tabla 1.

Tabla 1. Principales actividades de oleoturismo

Actividades	Descripción
Visitas guiadas	Conocer y aprender sobre el proceso de producción de aceite de oliva mediante visitas a almazaras, prensas de olivo, a cortijos. Visitar museos de aceite de oliva o visitar a los olivares y la contemplación paisajística de los olivares, destacando la realización de visitas a olivos milenarios.
Oleoturismo activo	Participación activa en los procesos de elaboración del aceite de oliva.
Compras de productos locales	Realizar compras en oleotecas y tiendas especializadas de aceites de oliva y otros productos derivados del aceite de oliva.
Participación en ferias y eventos sociales y experienciales	Participación en festivales de aceite de oliva y ferias relacionados con la producción de aceite de oliva

Visitar los atractivos culturales, de naturaleza y sociales de la zona	Conocimiento de las diferentes tradiciones populares vinculadas al cultivo de olivos.
Degustar la gastronomía	Participación en actividades gastronómicas con el aceite de oliva como principal atractivo: catas de aceite.
Realizar rutas turísticas en la zona	Rutas turísticas vinculadas a las Denominaciones de Origen de Aceite de Oliva.
Conocimiento y carácter experiencial	Aprender sobre las características de otras industrias relacionadas con las aceitunas y el aceite de oliva (cosméticos, conservas, artesanías en madera, aceitunas marinadas, etc.)

Fuente: Elaboración propia a partir de Middleton y Clarke (2001) y Buhalis (2003) adaptado al oleoturismo.

En definitiva, la configuración de las actividades de oleoturismo es un aspecto indispensable para desarrollar la actividad turística de una forma competitiva y adecuada tanto a las demandas de turistas nacionales como internacionales. Así se han agrupado todo este conjunto de actividades en cuatro cinco grupos: Visita a almazara (VISIT), Relacionadas con la participación activa en la extracción del aceite (EXT), otras actividades relacionadas con el oleoturismo (OTHER), relacionadas con el destino que se visita (DEST) y características de los destinos 4S (4S). De esta forma, el *importance-performance analysis* supone una importante contribución para desarrollar dichas actividades teniendo como referencia a los turistas nacionales

MARCO METODOLOGICO

3.1. Definición de la metodología

El importance-performance analysis (I-P en adelante) es una técnica que ha ido aplicándose en distintas investigaciones relacionadas con el turismo entre otras áreas, dado las claras implicaciones para la gestión que ofrece (Boley et al., 2017). Esta técnica ha sido empleada en estudios recientes relacionados con la actividad turística de los cruceros (Ramanathan y Ramanathan, 2016), la evaluación de iniciativas turísticas sostenibles (Boley et al., 2017) o respecto a distintas actividades turísticas (Wang et al., 2016).

A pesar de su fácil aplicación, esta técnica no está carente de algunas cuestiones que deben ser tenidas en cuenta (Azzopardi y Nash, 2013). Siguiendo el estudio realizado por Boley et al.

(2017) la primera cuestión, the "ceiling effect" (de acuerdo con Taplin (2012) dar altos valores en importance y performance puede hacer que la mayoría de los atributos caigan en cuadrante "Keep up the good work"), efecto que puede solventar centrando los datos respecto a sus medias en I-P (Azzopardi y Nash, 2013) e incluyendo una diagonal de 45º que distinga aquellas actividades cuya performance sea superior a su importance (P>I) (Azzopardi y Nash, 2013), siendo estas actividades muy a tener en cuenta dada la disconformidad positiva y la predisposición de los clientes a estar satisfechos con (Oliver, 1980; Boley et al., 2017). Así, los diferentes cuadrantes de la matriz I-P pueden recogerse de la siguiente manera (Ahmed, 2021):

Tabla 2. Cuadrantes de la I-P matrix

Importance/performance level of attribute	Low Performance	High Performance
High Importance	Q2 "Concentrate here": Increase resources	Q1 "Keep up the good work": Sustain resources
Low Importance	Q3 "Low priority": No change in resources	Q4 "Possible Overkill": Curtail resources?

Fuente: elaboración propia a partir de Martilla y James (1977)

3.2. Muestreo y cuestionario

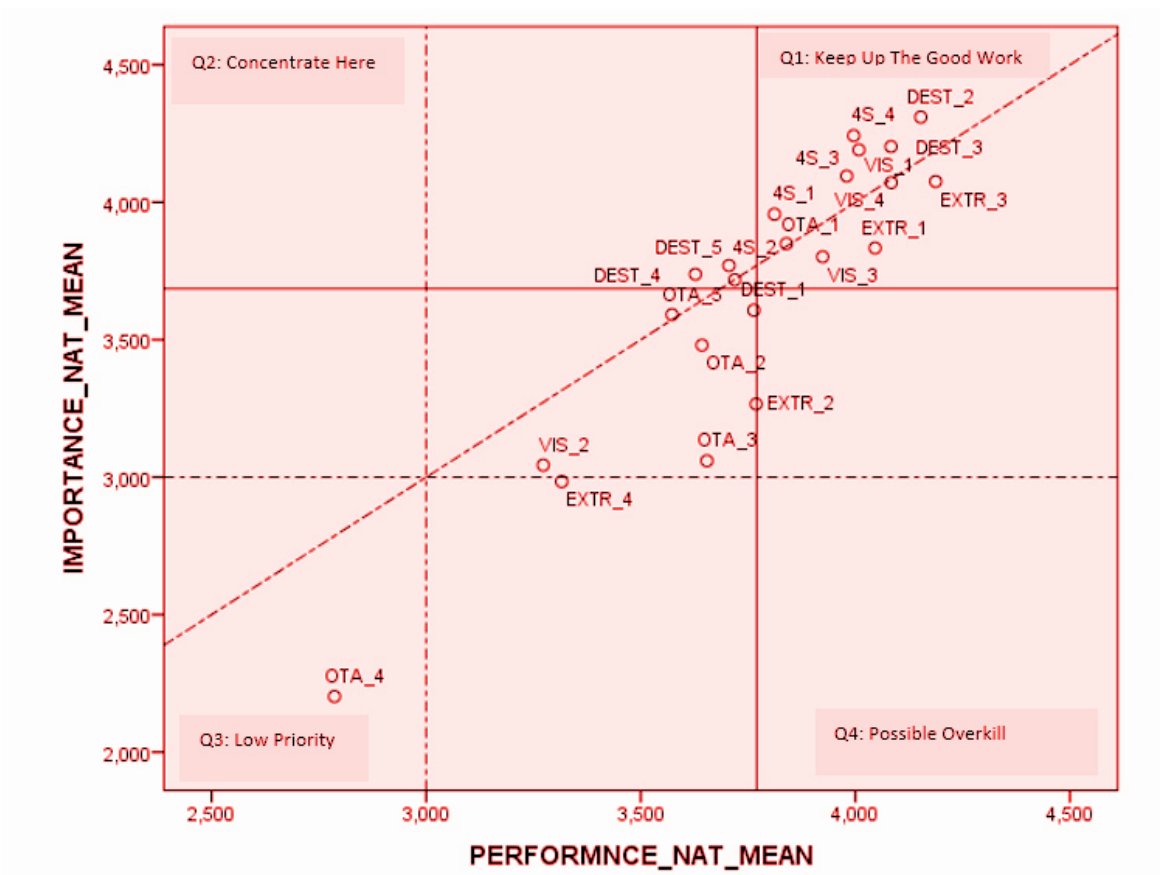
A la hora de configurar el cuestionario, un total de 252 turistas nacionales fueron entrevistados durante su visita a distintas almazaras que ofertan actividades relacionadas con el oleoturismo en la provincia de Jaén (España), de las cuales 11 se descartaron al encontrarse errores en las mismas, dejando la muestra final en 241 turistas a los que se realizaron preguntas clave que tienen como objetivo descubrir la importancia y el desempeño de los factores de calidad de la investigación se formularon en forma de una escala de cinco puntos. Los 22 factores que fueron evaluados en el cuestionario fueron formulados sobre la base de la investigación original sobre los componentes de calidad del destino (Buhalis, 2003; Middleton y Clarke, 2001) y sobre la base de formulaciones teóricas para la gestión de la calidad del destino presentadas por Woods y Deegan (2003).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cada una de las 22 actividades analizadas por los turistas nacionales fueron incluidas en sus correspondientes I-P matriz (tal y como puede verse en la figura 1) para analizar las decisiones a tomar y las posibles estrategias de comunicación para dichos turistas. Así pues, atendiendo a su I-P, vemos como la mayoría de actividades se sitúan en el primer cuadrante (*Keep Up the Good Work*), no obstante, la diagonal nos hace ver cómo la mayor parte de las mismas se sitúan por encima de ellas, lo que sugiere que los turistas nacionales no están cumpliendo del todo sus expectativas

siendo estas actividades las relacionadas con el turismo de las "4S", la visita a la almazara y las relacionadas con el destino principalmente. Por otro lado, son las actividades relacionadas con la extracción y molturación del aceite de oliva las que mayor satisfacción les reportan en relación a la importancia previamente otorgada, junto con otras actividades que pueden realizar en el destino (turismo de rural, por ejemplo). Las únicas dos actividades que escapan de este cuadrante son *OTA4 (Do sports tourism (water sports, climbing ...))* la cual se sitúa en el tercer cuadrante (*Low priority*) y *Extr_4* (*Elaborate and mill the olive oil myself),* situada en "*Possible overkill*".

Figura 1. Importance-Performance de los turistas nacionales



Fuente: elaboración propia

En definitiva, los turistas nacionales dan una mayor importancia a las actividades relativas a la visita a la almazara (*VISIT*), cumpliendo éstas con sus expectativas, además, los factores relacionados con el destino (*DEST*) se sitúan en su totalidad en el primer cuadrante para los turistas nacionales, cerca de la diagonal, lo que indica que el nivel de performance alcanzado es el adecuado dado el nivel de importancia otorgado por estos turistas.

5. CONCLUSIONES

Se proponen una serie de implicaciones para la gestión de este tipo de destinos respecto a los turistas nacionales. Para estos turistas, tanto las actividades propias de la visita a la almazara como las relacionadas con el destino son muy importantes y alcanzan una elevada satisfacción. Por ello, ofrecer paquetes turísticos completos que traten de alargar la estancia media en estos destinos así como incrementar su satisfacción al complementar esta actividad con otras actividades relacionadas con el turismo cultural o gastronómico, podría por una lado, solventar unos de los mayores problemas que tienen los destinos culturales como es el del bajo número de pernoctaciones por turista (De Menezes et al., 2008) así como el incremento en la satisfacción media en su estancia (Vena-Oya et al., 2021), lo que podría generar una mayor recomendación y lealtad por parte de los turistas altamente satisfechos (Huh et al., 2006). Otra estrategia sería la de ubicar estas actividades dentro de los llamados destinos turísticos "*4S*", sobre todo dentro de las dimensiones de seguridad y turismo tranquilo, las cuales valoran altamente los turistas nacionales, lo que otorgaría una ventaja competitiva sobre otros destinos turísticos masificados, más aún si tenemos en cuenta la actual pandemia que aún sigue afectando seriamente al turismo.

6. REFERENCIAS

Ahmed, H. O. K. (2021). How to use importance-performance analysis (IPA)-based SWOT analysis as a new quantitative methodology for developing actual strategic plans in universities. *SN Social Sciences*, 1, 1-25.

Alonso, A. D., & Northcote, J. (2010). The development of olive tourism in Western Australia: A case study of an emerging tourism industry. *International Journal of Tourism Research*, 12, 696-708.

Alonso, A.D., & Krasjsic, V. (2013). Food heritage down under: olive growers as Mediterranean "food ambassadors". *Journal of Heritage Tourism*, 8, 158-171.

Azzopardi, E., & Nash, R. (2013). A critical evaluation of importance–performance analysis. *Tourism Management*, 35, 222-233.

Boley, B. B., McGehee, N. G., & Hammett, A. T. (2017). Importance-performance analysis (IPA) of sustainable tourism initiatives: The resident perspective. *Tourism Management*, *58*, 66-77.

Buhalis, D. (2003). *eTourism: Information technology for strategic tourism management*. Pearson education.

Cañero, P.M., López-Guzmán, T.J., Moral, S. & Orgaz, F. (2015). Análisis de la Demanda de oleoturismo de Andalucia/Analysis of demand of olive oil tourism in Andalusia. *Revista de Estudios Regionales*, 104-133.

Chen, C.-F., & Chen, F.-S. (2010). Experience quality, perceived value, satisfaction and behavioural intentions for heritage tourists. *Tourism Management*, 31(1), 29–35.

Connell, J. (2005). Toddlers, tourism and tobermory: destination marketing issues and TV-induced tourism. *Tourism Management*, *26(5),* 749-755.

Hernández-Mogollón, J.M., Di-Clemente, E., Folgado-Fernández, J.A., & Campón-Cerro, A.M. (2019). Olive Oil Tourism: State of the art. *Tourism and Hospitality Management*, *25* (1) pp. 179-207.

Kivela, J. y Crotts, J. (2016). Tourism and gastronomy: gastronomy`s influence on how tourist experience a destination. *Journal of Hospitality & Tourism Research*, 30 (3), 354-377.

López Guzmán, T., & González Fernández, V. (2011). Socioeconomic development in rural areas through the creation of tourist routes: An olive tourism approach in the Jaen province (Spain). *European Journal of Tourism, Hospitality and Recreation*, *2*(2), 5-18.

Middleton, V. T. C. & Clarke, J. R. (2001). Marketing in travel and tourism. 3rd ed. Boston: Butterworth-Heinemann.

Millán Vázquez de la Torre, M. G., Arjona, J. M., & Amador, L. (2017). Olive oil tourism: promoting rural development in Andalusia (Spain). *Tourism Management Perspectives*, *21*, 100-108.

Moral Cuadra, S., Cañero Morales, P. M., Orgaz Agüera, F., & López Guzmán, T. (2014). Una aproximación al oleoturismo en Andalucía, España. *International Journal of World of Tourism*, *1*(2), 29-40.

Murgado-Armenteros, E. M., Parrilla-González, J. A., & Medina-Viruel, M. J. (2021). What does the olive oil tourist value at the destination? A criterion for olive oil tourism segmentation. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, *25*, 100378.

Murgado, E. (2013). Turning food into a gastronomic experience: Olive oil tourism. *Options Mediterr*., 106, 97–109. [Google Scholar]

Oh, H. (2001). Revisiting importanceperformance analysis. *Tourism Management*, 22, 617-627.

Oliver, R. L. (1980). A cognitive model of the antecedents and consequences of satisfaction decisions. *Journal of marketing research*, *17*(4), 460-469.

Ortega Alonso, D., & Parrilla González, J. A. (2021). Musealización de almazaras: instrumentos para la conservación patrimonial de la cultura del olivar. *Ge-Conservacion*, *20*(1), 173-183.

Ramanathan, R., & Ramanathan, U. (2016). A new rational IPA and application to cruise tourism. *Annals of Tourism Research*, 58, 66-77.

Taplin, R. H. (2012). Competitive importance-performance analysis of an Australian wildlife park. *Tourism Management*, *33*(1), 29-37.

Wang, X., Li, X. R., Zhen, F., & Zhang, J. (2016). How smart is your tourist attraction?: Measuring tourist preferences of smart tourism attractions via a FCEM-AHP and IPA approach. *Tourism management*, *54*, 309-320.

Woods, M., & Deegan, J. (2003). A Warm Welcome for destination quality brands: the example of the Pays Cathare region.*International Journal of Tourism Research,* 5, 269–282.

OPPORTUNITIES FOR THE DEVELOPMENT OF THE CIRCULAR ECONOMY IN THE OLIVE GROVE. LIFE-COMP0LIVE PROJECT

M. Dolores La Rubia1*, Sofía Jurado-Contreras1, Alberto J. Moya1, Soledad Mateo1, Juan Pablo Ferrer-Rodríguez2*, Francisco Javier Navas-Martos2, Manuela Cano-Galey2, Inga Wehmeyer3, Thomas Baranowski3, Pascal Metenier4, Javier Peña-Moraga5, Francisco Peña-Moraga5, and Carmen Capiscol6

1 "Bioprocesos" Research Group. Universidad de Jaén. Campus Las Lagunillas s/n. 23071 Jaén, Spain. mdrubia@ujaen.es

2 Andaltec Technological Center. Fundación Andaltec I+D+i. Pol. Ind. Cañada de la Fuente, c/ Vilches 34, Martos (Jaén), Spain.

3 Ford-Werke GmbH, Ford Research & Advanced Engineering Europe, Süsterfeldstrasse 200, Aachen, Germany.

4 Caliplast-Plasturgia, ZA La Moune, La Planche, France.

5 Matricería Peña, Pol. Ind. La Laguna, Ctra. Puerto Lope, s/n. Íllora (Granada), Spain.

6 Fundación Citoliva, c/ Sierra Morena, 11, Mengíbar (Jaén), Spain.

1. INTRODUCTION

The circular economy is a new production and consumption model that guarantees sustainable growth over time. With the circular economy we promote the optimization of resources, the reduction in the consumption of raw materials and the use of waste, recycling them or giving them a new life to turn them into new products. The objective of the circular economy is, therefore, to make the most of the material resources available to us by extending the life cycle of products. The idea arises from imitating nature, where everything has value and everything is used, where waste becomes a new resource. Thus, it is possible to maintain the balance between progress and sustainability.

The province of Jaén (Spain) has more than 590,000 ha of olive crops, being the most abundant residue the pruning from olive trees (2000-3000 kg biomass ha^{-1}). Currently, this waste is either crushed and spread on the ground, or incinerated (with a negative impact on the environment). This enormous amount of biomass can be used through either a thermochemical route (typically pyrolysis, combustion, gasification, liquefaction) or through a biochemical one (fermentation, hydrolysis) [1]. Those possibilities are still to be implemented, as well as the case of using this biomass as a reinforcement in composites.

Currently, polymers reinforced with natural reinforcements are a very interesting alternative to conventional synthetic fibres in terms of reinforcing polymer matrices for two main reasons: i) they have lower density and cost, and ii) they are easier to dispose since they are intrinsically biodegradable [2, 3]. For these reasons, and considering the different regulations relating to the management of components at the end of their useful life, polymers reinforced with natural

reinforcements are currently considered potential substitutes for polymer-based materials with conventional reinforcements in industry [4]. These types of composite materials are called biocomposites, where the reinforcement or the matrix derives from natural sources, or both [5].

Materials reinforced with natural fibres as those from olive tree pruning are more respectful with the environment. Their cycle of production, processing and use implies a reduction in CO_2 emissions to the atmosphere and a greater fixation of carbon in nature, with the reduction of costs that this assumes. These materials have also been identified as a potential economically viable alternative in alignment with the sustainable development objectives of the European Commission in all its aspects: environmental, economic and social. They are also currently considered as a potential substitute for traditional materials and may prove to be the key to success in some of the challenges faced by the industry in the context of end-of-life laws. Furthermore, the use of natural fibres in biocomposites reduces plastic consumption, which is in line with the "European strategy for plastics in a circular economy" and which forces industrial component manufacturers to use an increasing proportion from recycled materials as well as from renewable sources.

2. LIFE-COMP0LIVE PROJECT. DESCRIPTION.

The Project LIFE-COMP0LIVE, granted by the European Commission, takes place in the period 2019-2023 and deals with the revalorisation of the olive pruning waste to be used as reinforcement fibre for biocomposites based on biopolymers and recycled polymers. The Project is being developed by an international consortium formed by: i) private industrial partners as Ford-Werke GmbH (Germany), Caliplast and Plasturgia (France), and Matricería Peña (Spain), and ii) Spanish research partners as University of Jaén, Fundación Citoliva, and Fundación Andaltec I+D+i (coordinator partner of the project).

The main objective of the project is to demonstrate, on an industrial scale, that olive pruning residues can be used for the production of olive fibre reinforced biocomposites, while supplying the automotive and furniture industries. The use of the olive pruning waste avoids its burning and, moreover, the massive use of fossil raw materials. In addition, the project aims for the engagement of olive farmers in the use of the olive pruning waste and intends the collaboration of policy makers and public administrations to stimulate this Circular Economy approach in the olive sector.

3. OBJECTIVES AND ACTIONS

The project has some general objectives around the Circular Economy principles, such as the valorisation of agricultural residue, and with application different fields namely environment protection, legislation, dissemination of results and public awareness, market innovation, etc.

The overall objectives are:

- Revalorisation of 10-30% olive pruning waste collected during the project (~52 tons/year).
- Reduction of fossil-based plastic due to the amount of olive natural fibre incorporated to the matrix (by 10-30%).
- CO_2 emissions reduction (by 75-90%).
- Creation of 3 new businesses models related to the waste management within the new value chain of olive sector.
- Empower sensitivity and awareness of the primary sector by boosting an economically and eco-friendly managing of olive waste.
- Creation of an advisory board with recognized competences along the whole value chain ensuring the involvement of different actors.

The expected results can be grouped as follows:

Environmental:
- Valorisation of the olive pruning waste (upcycling process).
- Production of a sustainable biocomposite materials of at least 15% wt. of fibres.

Technical-Economical:
- At laboratory scale, the development of eight different biocomposites. At large scale, four different materials.
- Olive fibre biocomposites fabrication at large-scale.
- Fabrication of three real cost-effective and market-based prototypes.
- Technology transfer of the developed biocomposites.

Social:
- Commitment of olive farmers in particular and society in general.

The project is organised into different Actions that cover the detailed objectives above. Technical Actions, from A1 to B5 can be considered as stages, while Actions C, D and E are to be implemented continuously thorough the whole project. Table 1 show the main actions of the project.

Table 1. LIFE-COMP0LIVE project actions

	ACTION A1	**ACTIONS B1-B2**	**ACTIONS B3-B4**	**ACTION B5**
	Collection Transport Storage	Fibre treatment Compounding Scaled-Up Characterization	Prototyping Validation	Replicability Transferability
ACTION C1	Monitoring			
ACTION D1-D2	Dissemination of results and Public Awareness			
ACTION E1	Project Management			

- **Contribution of the project to the circular economy**

The central approach that connects the LIFE-COMP0LIVE project with the principles of the Circular Economy is that a vast amount of agricultural waste (renewable material) can be introduced in the composites supply chain and substitute fossil-based raw materials (Figure 1). Thus, the environmental footprint of the related biocomposite products will highly decrease.



Figure 1. Circular economy in the LIFE-COMP0LIVE project

New business models are associated to the use of this olive pruning waste in several industrial sectors such as automotive and furniture. This will boost the economy of bio-based products, with penetration in the agricultural and plastics sectors. Moreover, the sector of biocomposites is high

enough to absorb the large amount of olive pruning yearly available, since the total addressable market (TAM) is of ca. EUR 46,400 million. Only in the automotive and furniture sectors, the serviceable available market (SAM) of biocomposites is of ca. EUR 4600 million [6]. For the case of the industrial partners of the project, we estimate that serviceable obtainable market (SOM) in EUR 30 million [7].

Furthermore, some competitive advantages of those business models arise: i) the current olive pruning is abundant, and has negligible cost, ii) the development of tailor-design milling systems will suppose a barrier to entry in the market, iii) no new plastic machinery is needed, iv) the cost of the biocomposite is expected to be similar than conventional polymers, and v) for each specific application, a tailored design of biocomposite material is possible.

Funding

This research is funded by the European project: LIFE-COMP0LIVE (LIFE18 ENV/ES/000309): New generation of biocomposite based on olive fibers for industrial applications.

References

[1] S. Mateo, J. Puentes, S. Sánchez and A. Moya, "Oligosaccharides and monomeric carbohydrates production from olive tree pruning biomass," *Carbohydrate polymers,* no. 93, pp. 416-423, 2013.

[2] D. Rajak, D. Pagar, P. Menezes and E. Linul, "Fiber-reinforced polymer composites: Manufacturing, properties, and applications," Polymers, vol. 11, no. 1667, 2019.

[3] D. Nabi, J. Jog, "Natural fiber polymer composites: A review," Adv. Polym. Technol., no. 18, p. 351–363, 1999.

[4] L. Mohammed, M. Ansari, G. Pua, M. Jawaid, M. Islam, "A Review on Natural Fiber Reinforced Polymer Composite and Its Applications," International Journal of Polymer Science, vol. 2015, no. 243947, 2015.

[5] M. Jawaid, H. Abdul Khalil, "Cellulosic/synthetic fibre reinforced polymer hybrid composites: A review," Carbohydrate Polymers, vol. 86, pp. 1-18, 2011.

[6] J. Carruthers, R. Quarshie, "Technology Overview Biocomposites"; Technical Report; NetComposites: Chesterfield, UK, 2014.

[7] J.P. Ferrer-Rodríguez, F.J. Navas-Martos, M. Cano-Galey, M.D. La Rubia, A.J. Moya, S. Jurado-Contreras, S. Mateo, I. Wehmeyer, T. Baranowski, P. Metenier, J. Peña-Moraga, C. Capiscol. LIFE-COMP0LIVE Project: Polymer Biocomposites Based on Olive Tree Pruning Waste. IMFS Proceedings. 2021.

EL TRATAMIENTO DEL OLIVAR Y EL ACEITE DE OLIVA EN LOS ANTIGUOS TEXTOS DE AGRICULTURA: DE CATON A ALONSO DE HERRERA.

Calatrava Requena, Javier. AACR. javier.calat@gmail.com

RESUMEN: Hay escritos que confirman las importaciones egipcias de aceite de oliva ya en las IV y V dinastías, igualmente hay tablas minoicas en las que, hace más de 4000 años, se manifiesta la importancia del olivar y de la fabricación del aceite de oliva en Creta, en el periodo minoico primitivo. El olivar y el aceite de oliva son frecuentemente mencionados en la Biblia y son tema usual en las primitivas leyendas y escritos griegos. No es por ello de extrañar que el cultivo del olivar y la fabricación del aceite de oliva sea un tema tratado en los textos de Geoponía y Agricultura más antiguos que se conocen, aun no correspondiendo siempre su atención a la importancia que su ancestral cultivo tenía en toda la cuenca del mediterráneo.

La comunicación intenta analizar el tratamiento que del olivar y del aceite de oliva se hace en los textos de agricultura en el periodo, de casi dos milenios, que va desde Marco Porcio Catón (siglo III a.C) hasta el texto del español Alonso de Herrera (siglo XVI). El análisis de contenido se hace considerando los comentarios, descripción de técnicas de cultivo, recolección y extracción del aceite, y consejos de distinta índole, que, sobre el olivar, se realizan en algunos de los textos más relevantes del periodo. Se comenta asimismo la evolución en el tiempo de la naturaleza y la dimensión de los contenidos y, también, en algunos casos, su comparación con el tratamiento que, en dichos textos, se da al cultivo de la viña y la fabricación de vino.

Aunque los textos de agricultura aparecidos en esos dos milenios son muy numerosos, y en la comunicación se mencionan la mayoría de ellos, solo se analizan algunas de las obras más relevantes. Así, tras algunos comentarios introductorios breves sobre el griego Teofrasto (siglo IV-III a.C.) y el cartaginés Magón, (siglo IV a.C.?), se analizan los textos siguientes: *De Agri Cultura* de Catón, (siglo III-II a.C,) donde por primera vez en la literatura agraria romana se trata con detalle de la explotación olivarera, su estructura y su funcionamiento, unos breves comentarios sobre *Rerum Rusticarum,* de Marco Terencio Varron, (siglo II-I a.C,) y de *Re Rustica* de Junio Moderato Columela, (siglo I d.C.). Se pasa después a comentar extractos de distintos textos de siglos anteriores compilados en *La Geopónica* de Casiano Baso (siglo VI-VII), y las obras de agricultura y geoponía de diferentes autores de la llamada Escuela Agronómica Andalusí, comentando los *Libros de Agricultura* de Ibn Bassal, (siglo XI), y de Ibn Al Awam (más conocido como Abu Zacaría), (siglo XII), y el *Tratado de Agricultura*. de Ibn Lugun, (siglo XIV). Finalmente se comentan los contenidos en olivar y aceite de oliva de la *Agricultura General* de Alonso de Herrera, publicado a comienzos del siglo XVI.

Del análisis de estos textos se intuye, entre otras cosas, el por qué la olivicultura y la oleicultura, a pesar de la importancia de su cultivo y su comercio en la cultura y la economía mediterráneas, han presentado, en su evolución, desde los avances introducidos por los romanos, muy escasas innovaciones tecnológicas, prácticamente hasta el siglo XX, en que se inicia, y muy lentamente, el proceso de lo que hoy se entiende por *modernización del olivar*, que afectó primeramente a las técnicas de extracción de aceite, posteriormente a algunas técnicas agronómicas, y ya, mucho más recientemente, y de forma más acelerada, a los sistemas de cultivo del olivar.

PALABRAS CLAVE: Cultivo del olivo, Extracción de aceite, Geopónica, Tratados de agricultura y Escuela agronómica Andalusí.

ABSTRACT: There are writings that confirm the Egyptian imports of olive oil as early as the 4th and 5th dynasties, and there are also Minoan tablets in which, almost 4000 years ago, the importance of the olive grove and the manufacture of olive oil in Crete in the early Minoan period is shown. The olive grove and olive oil are frequently mentioned in the Bible and are a common theme in early Greek legends and writings. It is not surprising, therefore, that the cultivation of olive trees and the production of olive oil is a subject dealt with in the oldest known agricultural texts, even though it does not always correspond to the importance that its ancient cultivation had in the whole Mediterranean basin.

The paper attempts to analyze the treatment of the olive grove and olive oil in agricultural texts in the period, of almost two millennia, from Marcus Porcius Cato (3rd century BC) to the text by the Spaniard Alonso de Herrera (16th century). The content analysis is carried out by considering the comments, descriptions of cultivation, harvesting and oil extraction techniques, and advice of various kinds, which are made about olive growing in some of the most important texts of the period. The evolution over time of the nature and size of the contents is also discussed, as well as, in some cases, their comparison with the treatment given in these texts to the cultivation of vineyards and the production of wine.

Although the agricultural texts that appeared during these two millennia are very numerous, and most of them are mentioned in the paper, only some of the most relevant works are analyzed. Thus, after some brief introductory comments on the Greek Theophrastus (4th-3rd century BC) and the Carthaginian Magon (4th century BC?), the following texts are analyzed: Cato's *De Agri Cultura* (3rd-2nd century BC), where for the first time in Roman agrarian literature a detailed treatment of olive orchard, its structure and functioning is included, a brief commentary on Marcus Terentius Varron's *Rerum Rusticarum* (2nd-1st century BC) and Junius Moderatus Columella's *Re Rustica* (1st century AD). It then goes on to comments on extracts from different texts from previous centuries compiled in *The Geoponics* of Cassian Baso (6th-7th century), and the works on agriculture and geoponics of different authors of the so-called Andalusi Agronomic School, commenting on the *Books on Agriculture* of Ibn Bassal, (11th century), and of Ibn Al Awam

(better known as Abu Zacaría), (12th century), and the *Treatise on Agriculture* by Ibn Lugun, (14th century). Finally, the contents of the *General Agriculture* of Alonso de Herrera, published at the beginning of the 16th century, on olive groves and olive oil, are discussed.

Analysis of these texts reveals, among other things, why olive growing and olive cultivation, despite the importance of its surface and trade in Mediterranean culture and economy, have shown very little technological innovation since the advances introduced by the Romans until the 20th century, when the process of what is now known *as modernization of the olive* grove began very slowly, affecting firstly oil extraction techniques, then certain agronomic techniques and, much more recently and at a much faster pace, olive cultivation systems.

KEYWORDS: Olive cultivation, Oil extraction, Geoponics, Agricultural Treatises, Andalusian Agronomic School.

1. INTRODUCCION

Aunque existen referencias escritas al olivo y al aceite de oliva muy anteriores a la expansión del cultivo por toda la cuenca del mediterráneo, no dejan de ser referencias puntuales sobre la importancia, con frecuencia mítica, del árbol del olivo y los diversos usos del aceite de oliva. Tanto es así que los antiguos atribuían el origen del olivo a un milagro generado por un dios: Atenea, Minerva o Mercurio, e incluso Aristeo, hijo humano de Apolo, al que se atribuye el hecho de domesticar el olivo silvestre y hacer que diera aceitunas, cultivándolo por primera vez en la isla de Sicilia. Diodoro atribuye también a Aristeo la invención de los molinos de piedra y las primeras prensas rusticas para extraer aceite, aunque es posible que realmente el olivo se comenzase a cultivar en Siria hace 6000 años. En las religiones monoteístas también el olivo tiene un papel relevante, así se menciona con frecuencia en la Biblia, tanto en el Antiguo como en el Nuevo Testamento, y el Corán en el sura XXIV-35 le dedica la siguiente, bellísima, alabanza: *"La luz de Allah se enciende gracias a un árbol bendito: el olivo, cuyo aceite casi alumbra sin que lo toque el fuego: Luz de luz."*. Los egipcios cultivaban en pequeñas superficies el olivo en la parte oeste del delta del Nilo, donde posiblemente fue introducido por los hicsos en 1650 a. C, pero por las crónicas de viajeros griegos sabemos su aceite era de mala calidad y que por ello preferían importarlo de Siria, Palestina o Creta. Lo utilizaban de forma restringida para la alimentación, pero más frecuentemente para ofrendas y perfumes, y atribuían a la diosa Isis el haber enseñado a los humanos el cultivo del olivo. Está documentado que, en la dinastía XX, unos 1200 años a.C, Ramsés III intentó desarrollar grandes plantaciones de olivo en Egipto pensando sobre todo en extender el uso del aceite al alumbrado y preparación de ungüentos; al fracasar en su intento se desarrolló el uso de aceite de ricino para este fin.

Fueron los griegos y los fenicios, al establecer sus colonias, los que iniciaron la expansión de su cultivo por toda la cuenca del mediterráneo, aunque el olivo silvestre, el acebuche, existía

previamente de forma natural. El historiador Diodoro Sículo nos da noticia de la fundación por los fenicios en el año 653 a. C. de la ciudad de Ebussus (Ibiza), *"fundada 160 años después de Cartago en una isla llamada Pitiusa, que dista de las columnas de Heracles una travesía de tres días con sus tres noches, habitada por toda clase de bárbaros, siendo fenicios los más numerosos. Aunque la isla es de moderada fertilidad hay una zona de viñas y olivos injertados en los acebuches…".*

Un poco más tarde de esta expansión inicial comenzó la aparición de los primeros tratados generales de agricultura y geoponía. Realmente, fueron los romanos los que culminaron el proceso de diseminación del olivo, trasladándolo hacia el interior de las distintas regiones ribereñas, pues los griegos y los fenicios no colonizaban tierra adentro y la primera expansión del cultivo fue litoral. Es por ello que en los textos griegos se dice con frecuencia que "el olivo quiere siempre ver el mar". Cubero (1993), al tratar este tema, afirma que, realmente, quienes querían ver necesariamente el mar no eran los olivos, sino los hombres, o sea los colonos fenicios y griegos, que no solían aventurarse tierra adentro, y para los que el olivo debía, de alguna forma, desarrollarse en las zonas costeras. Tanto el litoral griego, y muy particularmente la isla de Creta, como la tierra originaria de los fenicios, la zona de Tirón y Sido, eran ricas en olivos, aunque daban frutos pequeños y de escasa calidad. Poco a poco consiguieron mejorarlos y comenzaron, mediante agua y sal, a preparar las aceitunas para su consumo, así como a prensarlas para la producción de aceite. A partir de ese momento, tanto las aceitunas como el aceite empezaron a consumirse, y aspectos relacionados con su cultivo y su extracción comenzaron a describirse con más o menos detalle en los tratados de agricultura y geoponía a partir del siglo IV antes de Cristo.

La presente comunicación trata de analizar el tratamiento que los textos antiguos de agricultura hacen del olivar y del aceite de oliva desde los primeros textos que se conocen hasta el comienzo del siglo XVI. Tras unos comentarios sobre los textos más antiguos, anteriores al primer texto romano, *De Agri Cultura* de Catón el Censor, se presentan los de dicho autor sobre el olivar, para pasar después, tras un breve análisis de la obra *Rerum Rusticarum,* de Marco Terencio Varrón, a analizar el contenido respecto al olivar y al aceite de oliva de *Re Rustica* del gaditano Junio Moderato Columela. A continuación, se abordan los textos medievales, particularmente la Geoponía de Casiano Baso, primero, y algunos textos de la denominada Escuela Agronómica Andalusí, considerados los mejores textos de agronomía publicados en la Edad Media, después. Así, tras alguna referencia al libro de agricultura conocido como *Agricultura Nabatea,* por la influencia que tuvo sobre los autores que constituyeron Escuela Agronómica Andalusí, se enumeran muchos de sus miembros y sus trabajos, para describir después como tratan el tema del olivar y el aceite de oliva tres autores de distintas épocas: el toledano Ibn Bassal en el siglo XI, el sevillano Al Awam en el siglo XII, y el almeriense Ibn Lugun en el siglo XIV. El último autor cuyo texto se comenta es el español Alonso de Herrera, que publica en 1513 el más completo tratado de agricultura del renacimiento.

Para finalizar, se sacan una serie de conclusiones sobre el contenido de los textos analizados, tratando de explicar la profundidad y la temática de dicho contenido, y relacionándolo con las innovaciones tecnológicas de la olivicultura y la elayotecnia a lo largo de la historia.

2. EL OLIVO Y EL ACEITE EN LOS TEXTOS ANTERIORES A COLUMELA

El griego Teofrasto, discípulo de Aristóteles, y considerado el padre de la Botánica, por haber establecido las primeras normas de clasificación de plantas, vivió entre los siglos IV y III antes de Cristo, y escribió la obra *Historia de las Plantas* en la que ya trata sobre el olivo desde el punto de vista agronómico. (Teofrasto 1988). El texto se ocupa de las formas de propagación del olivar, entre ellas el injerto, y apunta que la reproducción por semillas da lugar a formas silvestres. Por otra parte, sugiere densidades de plantación equivalentes a entre 100 y 200 árboles por hectárea, con marcos de plantación entre 23 y 32 pies griegos (7-10 metros). Apunta que el olivar es un árbol que, para producir bien, precisa más poda que el resto de los árboles, pues suele cargarse de aceitunas en la madera joven, y recomienda abundante estiércol para su abonado, y, cuando sea posible, y deseable, proporcionarle algún riego. Cubero (op.cit), comenta que las técnicas del cultivo del olivar estaban ya tan desarrolladas en tiempos de Teofrasto, que "*cualquier olivarero de nuestros días se entendería perfectamente con los olivareros griegos de hace 2300 años*".

La importancia del cultivo del olivar y del consumo y el comercio del aceite de oliva en Grecia, como producto altamente valorado, era muy grande. Como muestra, dos hechos, de diferente naturaleza, lo indican: Por una parte, la cantidad de legislación griega sobre el tema (El legislador Solón, ya a principios del siglo VI a. C. empieza, por primera vez, a dictar leyes en favor de la protección de los olivos, y en favor del comercio de aceite de oliva. Asimismo, se prohibía que se arrancasen olivos en las inmediaciones de la Acrópolis bajo pena de exilio y confiscación de todos los bienes, y se castigaba a los agricultores que talasen más de dos olivos al año, aunque fueran de su propiedad). Por otra parte, desde los primeros Juegos Olímpicos, en 776 a.C. se premiaba a los ganadores con una corona (cotinos) hecha con ramas y hojas de un olivo (kallistephanos) plantado en el templo de Hera en la antigua Olimpia, y en los Juegos Panatenaicos los premios de los ganadores eran ánforas con aceite de oliva (ánforas panatenaicas). La cantidad de aceite de oliva ofrecida al deportista ganador variaba según sus méritos, pudiendo llegar a ser de más de una tonelada.

El aceite de oliva en Grecia tenía múltiples usos: además del culinario, se usaba para perfumes, para iluminación (se sabe que cuando los griegos acudían a banquetes o fiestas colectivas, llevaban con ellos el aceite para encender una lámpara), también para ungüentos corporales, uso muy extendido (Aristóteles solía untarse con aceite de oliva tibio antes de ir a dialogar con sus discípulos). Homero tanto en la Ilíada como en la Odisea menciona con frecuencia el aceite de oliva al que llega a llamar "oro líquido", y entre otros usos comenta su empleo en el proceso de fabricación de telas. Hipócrates llamaba al aceite de oliva "el gran sanador", y solía recetarlo para diversas dolencias.

El consumo de aceitunas en salmuera estaba también muy extendido en Grecia. Se sabe que los griegos las preparaban en el siglo V a.C., siendo las más conocidas las *kolymbades* (que en castellano quiere decir "nadadoras"), pues a la salmuera le añadía aceite y agua de mar. Las aceitunas griegas, junto con las del límite entre Siria y Palestina, fueron después las más apreciadas en el imperio romano.

Los autores griegos que tratan de alguna forma de la agricultura, aunque mucho menos conocidos que los romanos, son, sin embargo, también muy numerosos. Columela cita hasta 39 griegos que han dado preceptos en materia de agricultura, aunque la mayoría de sus escritos se han perdido y solo los conocemos por referencias en obras posteriores y recopilaciones, particularmente algunos textos romanos y la recopilación hecha en las Eglogae de Casiano Baso. Entre ellos podemos mencionar a Hesíodo, Demócrito de Abdera, Aristóteles y el propio Teofrasto, Epicarmo, Dionisio de Utica, Atalo, Lisímaco, Menandro, Diodoro y más recientemente, ya en el siglo IV d.C., Dídimo con sus *Geórgicas*, y Vindanio Anatolio de Beirut con su *"Recopilación de Prácticas Agrarias"* obra en 14 libros, lamentablemente perdida, pero de la que se conoce bastante por haber sido la mayor fuente de las Geopónicas de Casiano Baso.

No podemos, en este periodo de los primeros textos de agricultura, olvidar la figura del cartaginés Magón, del que poco se conoce sobre su vida, aunque se sabe que escribió un tratado de agricultura, *Rusticatio,* en 28 volúmenes, vasta obra que fue muy admirada y valorada en su tiempo, como lo muestra el hecho, del que hay constancia escrita, de que, tras la segunda guerra púnica, en el 146 a.C., el senado romano mandó a Decimo Silano traducir al latín el texto de Magón. Es posible que la obra de Magón fuese una síntesis del saber agrario acumulado en Cartago desde tiempos fenicios. La obra fue muy utilizada y muy citada por los grandes agraristas romanos, como Varrón, Paladio y Columela. Gracias a esas citas sabemos hoy un poco de la obra del cartaginés, y el conocimiento que sobre el olivar tenían los fenicios, puesto que el texto original y la traducción al latín lamentablemente se han perdido.

Sorprende que Catón, el padre de la agricultura romana, no menciona ni una sola vez la obra de Magón, pero es probable, como apunta Ríos (2020), que Catón fuese algo anterior a Magón, del que no se conoce la época exacta en que vivió, o quizás fuese contemporáneo, pero Catón escribiese su texto antes de aparecer la obra del cartaginés.

Los autores romanos de textos de agricultura son numerosos, entre los siglos III-II a.C, en pleno periodo republicano, en que aparece la obra de Marcelo Porcio Catón *De Agri Cultura,* que puede considerarse el primer gran texto romano dedicado al tema, como nos indica Columela, casi dos siglos y medio después: *"Fue el primero que decidió hacerla (la agricultura) en latín*". El interés por la agricultura en la población romana se estaba incrementando con el crecimiento de sus ciudades, de las que el necesario abastecimiento alimentario se convirtió en un tema del máximo interés social. La conquista de la Magna Grecia en el periodo republicano permitirá a los romanos acceder

a las técnicas agrarias cartaginesas y griegas, entre ellas las relacionadas con el cultivo de la vid y el olivo. Con las conquistas posteriores, y la consiguiente expansión territorial, los romanos intentan aprovechar al máximo los recursos de las colonias que se van anexionando, y estos recursos eran básicamente agrarios, ganaderos y mineros, con lo que se refuerza el interés por la agricultura. A pesar de que bastantes de los textos romanos más antiguos sobre agricultura se han perdido, como los tratados de los Saserna (padre e hijo) y el Tratado de Tremelius Scofra, de los que se sabe por referencias de autores coetáneos y posteriores, sí se han conservado, por el contrario, los tres libros de agricultura, *De Re Rusticarum* de Publio Terencio Varrón publicados en el año 37 a.C., casi al final de la vida de su autor, que había nacido a finales del siglo II a.C. Otros autores de este periodo que tratan el tema agrario son: Virgilio en su tratado poético *Georgicas*, que en el libro II, que trata sobre los árboles, lo dedica casi entero a la viña y al olivo, e Hyginio el Bibliotecario, llamado así por estar al frente de la biblioteca palatina en tiempos de Augusto, que publicó el tratado *De Agricultura*, del que sabemos sobre todo por citas de Columela y otros autores posteriores.

De este periodo romano antiguo, anterior a comienzos de nuestra era, comentaré aquí con detalle el tratamiento que del olivar y del aceite de oliva hace Catón y más brevemente el de Varrón, utilizando para ellos las ediciones castellanas Catón (1976) y Varrón (2010), traducidas y ampliamente comentadas por Ana María Perales y José Ignacio Cubero, respectivamente. De Varrón he accedido también a las dos traducciones realizadas en la década de los cuarenta por Domingo Tirado Benedí y Bernardo Alemany Selfa, aunque al final he utilizado Varrón (2010) por la mayor abundancia y riqueza de notas y comentarios.

El texto de CATÓN es determinante a la hora de mostrar el tratamiento que del olivo hacen los autores romanos antiguos. Realmente su obra es una colección de consejos prácticos, que se ofrecen en 170 breves capítulos, un poco desordenados temáticamente, en los que se incide sobre todo en la estructura y el funcionamiento de explotaciones agrarias, y en su contexto las olivareras, de cierta dimensión, abundando en detalles y pormenores de su gestión y manejo. *De Agri Cultura* está dirigido mayormente a medianos y grandes propietarios agrarios de las villae romanas, y la mayor parte de sus comentarios hacen referencia a grandes propiedades, afirmando que era frecuente que un solo productor olivarero obtuviese de su fundo entre 50.000 y 100,000 litros de aceite. Incluso en la parte legislativa del texto, por lo que al olivar se refiere, hace algunas referencias a fundos concretos, (fundo de L. Manlio, fundo de Venafro.)

Respecto al olivo, la primera mención la hace ya en el capítulo 8, al tratar de los tipos de tierra para las distintas siembras y plantaciones, afirmando que *"el terreno más apropiado para la siembra del olivo es el que está expuesto al viento del oeste y de cara al sol"* y comenta después sobre algunas variedades de aceituna *"…en un terreno rico y caldeado deben sembrarse aceitunas de conserva, la especie mayor de las Alargadas, las Alentinas, las Poseas, las Sergianas, las Verdes, y Las Colminianas…". "…en un terreno más frío y más pobre debe sembrarse la aceituna Liciana, pues si esta especie se siembra en terreno fértil y cálido la producción por olivo no valdrá nada"*

En el siguiente capitulo (9) al tratar de las fincas periurbanas, tras aconsejar distintos cultivos hortofrutícolas y la viña, aconseja plantar olivos para tener aceitunas para conserva: "…*las Orquitas y las Poseas son las mejores para conserva, bien verdes en agua salada o bien machacadas en aceite de lentisco. Las Orquitas, cuando están negras y secas, se machacan y se dejan en sal durante cinco días, después se les quita la sal y se ponen dos días al sol. También se conservan sin sal en vino cocido…*". Catón se refiere en este último párrafo a la aceituna pasa, que en nuestra época ya no se suele consumir.

Mas adelante Catón vuelve a tratar sobre el olivo brevemente en los capítulos 31 y 32 al abordar la forma de plantar el olivo y otros árboles, y en el 34 la recolección de la aceituna, sobre la que vuelve con algo más de detalle en el capítulo 74, en el que afirma que "*la mayoría de los recolectores prefieren que la aceituna esté en el suelo, de donde se coge con más facilidad*." En el 44 hace unos comentarios sobre el injerto de los olivos. La época de poda y la preparación de esquejes de olivo se comentan ligeramente en los capítulos 52 y 53. *"Comiéncese la poda del olivar quince días antes del equinoccio de primavera, y a partir de esa fecha durante cuarenta y cinco días se poda oportunamente" "Si el suelo es fértil se cortarán todas las ramas secas y las que el viento haya partido; si no lo es, se le cortaran mayor número y se arará"*. Sobre los esquejes afirma*:" los esquejes de tres años estarán ya a punto para el trasplante cuando cambian la corteza. Si se trasplantan a hoyos o surcos que no sobresalgan de la tierra mas de cuatro dedos de través: O, para hablar con más exactitud, queden bajo tierra las yemas"*. En el capitulo 102, nos da Catón consejos sobre qué hacer en el *"supuesto que el olivo no lleve fruto: Cávense las patas. Viértase después a su alrededor forraje; mézclese a continuación alpechín y agua a partes iguales y viértase luego la mezcla junto a los olivos…"*. En los capítulos 126 y 127, nos ofrece unos consejos para conservar las aceitunas verdes. Son comentarios en general muy breves, expresados en forma muy concreta.

Lo más relevante y peculiar del texto de Catón al tratar sobre el olivo, es, sin duda, el capítulo 12, y los capítulos 144, 145 y 146. En el primero, con frases escuetas, describe, muy detalladamente, cuales deben los elementos materiales y humanos que deben constituir una explotación olivarera de cierto tamaño, que él fija en 240 yugadas (unas 60-70 has). Así, indica que se precisan 13 personas, contando un administrador y una casera, cinco peones, tres boyeros, un arriero, un pastor, un porquero. Debe haber cerdos y ovejas, pues Catón concibe el olivar como una explotación agroganadera, como posiblemente deberían ser la mayoría de las explotaciones olivareras en las villae romanas. No menciona el número de cerdos, para esa superficie, pero dice que las ovejas serán al menos un centenar. Dice que "*ha de haber tres yuntas de bueyes, y cuatro asnos, uno para mover la rueda del molino y tres provistos de alabardas para acarrear*". Posteriormente describe, con un detalle total, que asombra, todos los utensilios, herramientas, tinajas y cantaras, pilas, pilones e incluso la ropa de cama para los trabajadores. Completa el capítulo 12 con los 15 y 16 donde describe la habitación de prensa y despensa del aceite.

En los capítulos 144, 145 y 146, acorde con su carácter de político y legislador (ocupó entre otros cargos el de procónsul de la Hispania Citerior), describe los convenios que debían regir en la recolección de la aceituna (Lex oleae legendae), en la fabricación del aceite (Lex oleae faciundae), y en la venta de la aceituna pendiente de recolectar (Lex oleae pendentis). En el primero se describen las relaciones que debe de haber entre el dueño del olivar, el encargado, los recolectores, y el contratista, intermediario que era responsable, si fuera necesario, de buscar y contratar buenos recolectores. Así dice, entre otras cosas que "*No se vareará sin permiso del dueño*", *"Los recolectores juraran ante el dueño o el encargado, que ni ellos ni nadie, con dolo malo de su parte, robaran aceitunas del total recolectado. A quien no haya realizado este juramento nadie le pague la aceituna que haya recolectado*". *"El contratista contratará recogedores y recolectores en el numero convenido con el dueño del fundo. Si no lo hace se le aplicará una deducción*". *"Nadie acceda a pagar mas precio del estipulado por la recolección de aceituna o la fabricación de aceite, excepto en el caso a quien se haya contratado con posterioridad*". Describe asimismo gratificaciones por cantidad recogida y multas y descuentos por incumplimientos, así dice que *"por cada mil doscientos modios de recolección* (10,500 litros de aceitunas) *corresponde una gratificación de cinco modios de aceitunas saladas* (43.74 litros) *y nueve libras de aceite puro* (2.5 Kgs*), además de cinco cuadrantales de vinagre al final de toda la recolección."* (el cuadrantal romano equivalía a 3 modios, o sea 26.25 litros, por lo que cinco cuadrantales equivalían a 131.25 litros de vinagre).

Respecto a la fabricación del aceite, Catón describe las *"condiciones con las que se debe dar en locación la fabricación del aceite*." Interviene por tanto también un contratista que *"debe contratar a personas que sean del agrado del encargado o bien del que haya comprado ya el aceite*". De nuevo los obreros contratados deberán jurar que no robarán aceite. Añade *"Si el dueño recibe algún perjuicio por parte del contratista, se le hará un descuento según el criterio de un hombre honrado." "El aceite verde que necesite el contratista se lo proporcionará el dueño*". *"Le hará una gratificación consistente en el aceite y la sal de uso necesario, y dos victoriados, precio de alquiler de una prensa de aceite*" (victoriado: moneda de 3.5 gramos de plata en la época de Catón)

Catón expone también las normas para la venta de aceituna en el árbol, que *deberá tasarse y después incrementarse la tasación en uno por ciento, y se pagará en aceite* (una décima parte *verde* y el resto *romano*) *y en aceituna* (una sexta parte de *aceituna cogida a mano* y el resto en *aceituna caduca). "El comprador tendrá un plazo para el pago de diez meses contando a partir del uno de noviembre…" que el comprador prometa que hará esas entregas con rectitud y que dará garantía suficiente al dueño según lo que se estipule…si el comprador no satisfaga los pagos o no haya dado una garantía lo bastante suficiente, sirva de prenda lo que haya llevado al fundo. Nada de ello saque del fundo: de la competencia del dueño será decidir que cosas puede llevarse…"*

Se trata de un documento de gran interés para conocer cómo funcionaba la olivicultura romana, sobre todo teniendo en cuenta, que está escrito a comienzos del II a.C. En mi opinión, el texto de Catón es la referencia mas relevante sobre el cultivo y la extracción de aceite en los fundos olivareros romanos, aunque se echa de menos una descripción de tipos de aceite, de los que solo

distingue entre el "verde", extraído de aceitunas más bien verdes y con la primera presión, y el que llama "romano", que es el que no es verde, o sea el resto del aceite extraído. Catón dedica al olivo tanto espacio en su texto como a la vid, pero no al aceite tanto como al vino.

Por lo que al texto de VARRÓN se refiere, resulta muy original entre los tratados de agricultura, pues está escrito en forma de tertulia entre varios personajes, entre ellos Tremelio Escofra, amigo del autor, al que éste considera el romano que mejor conoce el cultivo del campo, y del que dice que la gente *"va a contemplar el espectáculo placentero de sus fincas, y vienen a ver sus villas no para ver sus colecciones de pintura sino de frutales"*. La influencia de Escofra en Varrón es tan grande, que a veces se puede poner en duda si algunos de los contenidos del texto provienen del conocimiento del propio autor o del de Escofra. (ver comentarios de J. I. Cubero en Varrón-2010), lo que realmente no puede aclararse al no haberse conservado los escritos agrarios de este último.

El texto se estructura en tres libros de los cuales solo el primero se dedica a la agricultura y los otros dos a la ganadería y cría de animales de granja. En el primero se comenta la producción agraria con un enfoque bastante economicista, como la mayoría de los autores romanos, *("el agricultor habrá de ver si pueden los rendimientos compensar los gastos y el trabajo")*, pero al mismo tiempo insiste en la agricultura como placer. *"la agricultura debe ofrecer interés económico y uso placentero", "Los agricultores deben dirigirse a dos metas: la utilidad y el placer"*.

Varrón es partidario de apoyarse en los textos antiguos, pero, como lo será después Columela, también en la propia experimentación: *"…es la ciencia la que debe sembrarse y hacerse en el campo…"*. Utiliza al mismo tiempo su experiencia como agrónomo, propietario de varios fundos, y su conocimiento sobre los autores anteriores, de los que toma frecuentes extractos, no siempre explícitamente citados. Aparte del mencionado Escofra, presente en toda la obra, abundan comentarios sobre Teofrasto, Magon y Catón, y asimismo de otros autores, sobre todo griegos.

El olivar y el aceite son mencionados en distintas partes del texto, aunque no hay una sección entera dedicada a ellos como la hay sobre la viña. Los menciona primeramente al tratar de la calidad de tierra que precisan los distintos cultivos, colocándolo en cuarto lugar de nueve por su exigencia, tras la viña, el huerto regado y la sauceda. Después indica donde se dan mejor los olivos:*" A menos que mire al viento favonio, y esté expuesto al sol, ningún campo es bueno para plantar olivos"*. Cita con frecuencia a Catón a la hora de hacer comentarios sobre la finca olivarera, y, en especial, al hablar de la mano de obra que precisa un olivar, sobre lo que hace unas interesantísimas reflexiones tratando de explicar, sobre el ejemplo de Catón del fundo de 240 yeguadas de olivar, el efecto de escala de la superficie sobre las necesidades de mano de obra. Realiza muchos y muy razonados comentarios al respecto.

Por lo que se refiere a la recogida de aceituna (55) afirma que *"la aceituna a la que se pueda llegar con la mano desde el suelo o con escaleras, mejor cogerla a ordeño que varearla, porque la que se golpea se agosta y no da tanto aceite…" "La que no se pueda alcanzar con las manos deben*

golpearse con caña y nunca con pértiga". *"Quien varee que no golpee a la contra pues frecuentemente así golpeada la aceituna se lleva consigo el brote del ramito con lo cual se pierde fruto al año siguiente, y no es esta la causa menos importante de que se diga que los olivares no cargan fruto en años alternos, o no iguales en magnitud…"*. Tras unos comentarios sobre la utilidad de la aceituna, se ocupa de su almacenamiento. Varrón, a diferencia de Catón y, posteriormente, Columela, ve algo de positivo en el atroje *"para que la aceituna se ablande un poco",* aunque luego más adelante dice que "*si la aceituna estuvo mucho tiempo amontonada se enrancia por el calor y se obtiene un aceite maloliente…*" y afirma: *"…por eso, si no puedes acabar pronto* (de moler)*, debes airear los montones moviéndolos.*". No menciona en este capítulo nada sobre la época de recogida de la aceituna. Elogia lo beneficioso de la aceituna cuando afirma: *"La aceituna da beneficio a la finca por una misma doble vía: una como alimento, y otra para que, convertida en líquido, unja al cuerpo no solo por dentro, sino también por fuera. Y así sigue a su dueño a los baños y al gimnasio…"*. Con este comentario Varrón nos indica la enorme importancia que el aceite de oliva tenía ya, en su época, como ungüento corporal y para masajes, tema sobre el que volveremos más adelante.

Cita Varrón varias variedades de aceitunas frecuentes en la época, similares a las citadas por Caton: *"Gorda, Salentina, Orquita, Posea, Sergiana, Colminia y Alviza*". La diferencia estriba en que la *Gorda* y la *Alviza* no son citadas por Catón, bien porque las omitiera, conociéndolas, al no parecerle importantes, o bien por que fuesen dos variedades aparecidas en el transcurso del más de siglo y medio que hay entre las dos obras.

Respecto a la conserva de la aceituna, en el apartado 60, trascribe literalmente lo dicho por Catón sobre la conserva de *Orquitas y Poseas.* En el 61 trata de la conservación del alpechín, que sorprendentemente define más tarde (64), después de haber introducido entre medias unos comentarios sobre trigo, como *"un liquido acuoso una vez que se ha exprimido la aceituna con el residuo*". Varrón da la máxima importancia a la producción y uso adecuado del alpechín, como producto de la explotación olivarera; así afirma: *"De la aceituna se obtiene un doble producto: El aceite y el alpechín, de todos conocido, del que los más ignoran su valor…"*, "*En cantidad moderada puede echarse en el ruedo de los árboles, principalmente del olivo, y en cualquier parte del campo donde hagan daño las malas hierbas*"

Varrón era un personaje muy importante en la Roma de su tiempo: agrónomo, escritor, intelectual, político y hombre de acción. (Para entender mejor su figura y su personalidad remito al lector a los interesantes y pormenorizados comentarios de J. Ignacio Cubero sobre este insigne romano. Varrón-2010)

3. EL TRATADO DE COLUMELA Y TEXTOS ROMANOS POSTERIORES

La obra *De Re Rustica*, del gaditano Lucio Junio Moderato Columela, escrita hacia el año 42 d.C, está estructurada en 12 libros, divididos en capítulos en general cortos. El autor trató

al escribirla de despertar un poco la preocupación por la vida en el campo y el interés por la agricultura en la sociedad romana, algo olvidada desde la muerte de Virgilio seis décadas antes. Su libro es excelente y sus descripciones claras y pormenorizadas. A pesar de ello *De Re Rustica* no tuvo un gran eco en los autores de los tres siglos posteriores, siendo sin embargo su influencia, directa o indirecta, mucho mayor en algunos autores medievales (sobre todo los árabes) y en los naturalistas del renacimiento.

Para comentar el texto de Columela me he basado en la edición facsímil de la traducción realizada en 1824, por Juan María Álvarez de Sotomayor, y editada poe A.E.P.A. Columela (1979)

Columela se crió en el campo, junto a su tío Marco Columela, agricultor importante e innovador, del que aprendió, entre otras muchas cosas la importancia de experimentar. Calatrava (2018), al describir los orígenes remotos de la investigación agraria en España, comenta algunos ensayos, tanto agrícolas como ganaderos, del tío de Columela en sus fincas entre Cádiz y Puerto de Santa María. Columela no solo se contentó con consultar y citar las obras de los predecesores, sino que las completó con ensayos de campo. Al comienzo de su obra es de lo más explícito respecto a la necesidad de experimentar en agricultura cuando afirma: *"...no debemos contentarnos con la autoridad de los agrónomos y los cultivadores antiguos, o de los de hoy día, sino que debemos también mirar los resultados de nuestros ensayos y los experimentos nuevos que hayamos hecho, los cuales aunque, en algunos casos particulares, nos puedan resultar costosos, sin embargo en su totalidad suelen ser de gran provecho...por tanto, en ningún caso se ha de omitir el hacer varios experimentos... pues no hay ninguna ley que no se aprenda errando, pues luego que un ensayo tiene mal éxito, se evita la que haya sido la causa de error y así se va entrando en el camino derecho..."* (Calatrava. Op.cit)

Columela dedica al cultivo del olivo solo los capítulos 8 y 9 del libro V de su obra, el primero lo titula *"Del Olivo, de sus variedades y del terreno conveniente para plantarlo"* y el segundo *"Planteles de olivo: del trasplante y del cultivo después de este"*. En total son apenas 6 páginas de la edición consultada, a las que se añade un brevísimo comentario posterior, en el capítulo 11 del mismo libro, en el que trata en general de los injertos, y en el que describe minuciosamente los tipos conocidos de injertos, proponiendo además una variante del injerto de púa de su invención (*insitio per terebrationem*); se refiere aquí al olivo solo para decir que *"debe injertarse hacia el equinoccio de primavera, y hasta, como máximo, los idus de abril"*. Al final del capítulo 9, indica, como para justificar el poco espacio dedicado al cultivo del olivo en el texto: *"Lo que hemos dicho aquí del olivo es suficiente"*, lo que sorprende dada la importancia del olivo en la agricultura y el comercio mediterráneo en el siglo I, mientras que, por el contrario, a la vid dedica los libros III, IV y parte del V, en total 116 páginas de la edición comentada.

Trata en ambos capítulos de los tipos de tierra en los que va el olivar y añade "*Este árbol creen muchos que no vive o no es fértil a mas distancia del mar que la de sesenta millas, pero prevalece bien en parajes mucho más distantes*" (con esta afirmación Columela contradice la visión de los

agrónomos griegos sobre el olivo como cultivo relativamente próximo al litoral). En cuanto al abonado propone utilizar estiércol de cabra con cenizas o alpechín. Respecto a la poda afirma que *"conviene podar el olivar, aunque con intermisión de muchos años"*, y dice que de todas formas necesita poda, *"porque hay que tener presente el proverbio antiguo, que dice: que el que ara el olivar le pide fruto, el que lo estercola se lo ruega con instancia, y el que lo corta le obliga a que lo de, pero será bastante hacerlo cada ocho años, no sea que se corten una y otra vez las ramas de fruto"*. En este aspecto, Columela, distanciando mucho la poda en el tiempo, difiere de todos los otros agrónomos romanos, la mayoría de los cuales apuestan por una poda anual.

Al tratar de las variedades de olivo dice que posiblemente debe de haber muchas pero que él solo conoce diez, que enumera: *Pausia, Algiana, Liciniana, Sergia, Nevia, Culminiana, Orquis, Regia, Circites y Murtea.* Vemos que hay algunas variedades no mencionadas ni por Catón no por Varrón, y aunque a veces se utilizan con otros nombres (Orquis -testículo en griego- es la Orquita de sus predecesores, a la *Culminiana* Varrón la llama *Colminia*, y otros autores, Plinio y Paladio, *Cominia*,) pero también es probable que algunas sean variedades nuevas aparecidas desde que Varrón escribió su obra. Dice después que *"de las aceitunas la más agradable es la Pausia y la mas hermosa la Regia*, *ambas mejores para comerlas que para aceite, aunque la Pausia mientras esté verde da un aceite superior, pero que en añejándose se echa a perder…El mejor aceite lo da la Liciniana, aunque la Sergia da más cantidad…"*

Posteriormente en el libro XII, que titula *"A la casera"*, dedicado a actividades artesanales o agroindustriales que el autor considera femeninas, hay 3 capítulos (4 páginas): 47, 48 y 49 en los que trata, respectivamente, de los adobos de aceitunas verdes y maduras, y de la fabricación de pasta de aceitunas (sampsa), y otros tres 50, 51 y 52 (7 páginas en total), sobre recolección y molienda. En el 50 comienza con la recolección de la aceituna que "*debe comenzarse a principios de diciembre, pues antes de este mes se hace el aceite acerbo, que llaman de estío, cerca de este mes se saca el verde, y después el maduro. La mayor utilidad la da el aceite verde como que no es solo bastante sino también porque su valor casi duplica las rentas del amo*". Continúa diciendo: *"El fruto que se coja cada día se muela y se prense al instante. Aunque como, a veces, la multitud desmesurada de aceituna supera el trabajo de los molineros, conviene tener un trox entarimado, con un declive tal que corra perfectamente toda la humedad por los canales y conductos que se habrán hecho en él, pues el alpechín es contrario al aceite y si aquel ha permanecido en la aceituna echa a perder el gusto de este*". Respecto al alpechín dice que *"conviene tener pozas o tinajas para separar el alpechín de cada especie, bien que saliese puro o bien que haya recibido sal…"*. Sobre las técnicas de molienda indica que *"Las muelas son más útiles para sacar el aceite que el trapetum, y este mas que el canal y la solea. Las muelas son más fáciles de manejar y se pueden bajar o levantar según la magnitud de las aceitunas, no sea que se quiebre el hueso, lo que alteraría el gusto del aceite"* A continuación describe un cuarto sistema de extracción de aceite llamado tudicula, que es un sistema de presión con mazas, pero insiste en que el mejor sistema es el de muelas y también el de trapetum.

Los capítulos 51 y 52, apenas unos pocos renglones, los dedica a la preparación de aceite gleucino (mezcla de aceite con vino) y a el uso de aceites para perfumes para lo que recomienda la aceituna Licinia, que "*se cogerá a mano y sin esperar que comience a ponerse negra*". Al vino le dedica en cambio 19 capítulos (30 páginas) del mismo libro. En cualquier caso, dedica más espacio al aceite y a las aceitunas que al propio cultivo del olivo.

¿Por qué este relativamente escaso tratamiento al olivar en uno de los textos agrarios más importantes y trascendentes de la antigüedad, escrito además en la Bética, que era ya en la época del autor una de las zonas olivareras más importantes del imperio? No es que Columela no de importancia al cultivo del olivar, en absoluto (él mismo nos dice al comenzar el capítulo 8, que para él es *"el primero de todos los árboles"),* sino porque considera que es un árbol sin problemas, que no necesita especiales cuidados: *"es entre todas las plantas la que necesita menos gasto…porque se sostiene con un cultivo ligero, y el año que no tiene fruto apenas genera gasto alguno…"* "*cuando se le descuida por muchos años no decae como la viña,* y añade que *"en cuanto se le vuelve a dar cultivo en un año se reforma rápidamente…"* Y lo explica cuando afirma a continuación "*por eso hemos determinado dar solo preceptos exactos para este árbol*". Columela sabe que el olivo es un árbol importante, pero no cree que merezca demasiados comentarios ni consejos, al pensar que no presenta apenas problemas de cultivo. Esta idea de nuestro insigne agrónomo se verá, lamentablemente, reflejada, cuando no mencionada literalmente, en algunos textos de agricultura posteriores, muy particularmente en los textos árabes del periodo andalusí, y, de alguna forma, llega hasta el siglo XVI cuando se transmite en *La Agricultura General* de Alonso de Herrera.

Mientras que, sobre la viña, igual que sobre otros muchos cultivos, hay en Columela multitud de citas de autores anteriores, en los comentarios que hace sobre el olivo no presenta cita alguna, ni siquiera a Catón, al que solo menciona una vez, en los comentarios del libro XII sobre los aceites y las aceitunas, para refutar la creencia, muy extendida entre los agricultores de la época, de que la aceituna coje peso con el atroje. Sin duda, la falta de problemas que considera en el cultivo hace que no haya consultado otros autores sobre él.

Otros autores romanos de la época de Columela, periodo de los emperadores Julio-Claudios, dejando aparte a Virgilio con sus Geórgicas, precioso poema agrario, cuyo contenido técnico está basado en Escofra y en Varrón, y en cuyo libro II se trata del olivar, son: Corulio Celso, al que Columela cita frecuentemente, Plinio el Viejo, Julio Atico y Julio Gracino, estos últimos autores de sendos tratados exclusivamente de viticultura.

Entre los autores romanos del periodo imperial tardío están Frontino, Apulio, Africano, Florentino y los Quintilos (Gordiano y Máximo), y Quinto Gargilio Marcial, que vivieron en el siglo III d.C, y posteriormente, en el siglo IV, Rutilio Paladio. De todos esos autores los que quizás más abundan en comentarios sobre el olivo, y, sobre todo, sobre el aceite de oliva, son Plinio el Viejo y Paladio. Plinio el Viejo, en su enciclopédica *Historia Natural,* Plinio el Viejo (2015), insiste

mucho en la importancia del momento más adecuado para la recogida de la aceituna (*"el mejor tiempo de recogerlas para que no se haga el aceite malo, por tener mucho, ni por hacerlo bueno salga poco, sino que tengan medio, es cuando empiezan a ponerse negras")* y Paladio en su *"Opus Agriculturae",* que es un texto compilatorio de prácticas agrarias, por lo que lo llama también *Geopónicas*, estructurado en forma de almanaque o calendario agrario, en varios volúmenes, da detalle de las labores de los cultivos entre ellos el olivo, citando comentarios de varios autores anteriores, y muy particularmente de Columela. Su obra está escrita en prosa, salvo el libro XIV dedicado totalmente a los injertos (*De Insitione*) que está sorprendentemente escrito en verso, y además con un formato elegíaco, donde hace algunos versos sobre las posibilidades de injertar olivos. Uno de los volúmenes está dedicado a la ciencia veterinaria. La obra de Paladio fue traducida al catalán en el siglo XIV (Tramoyeres-1911), y posteriormente al castellano (ver Paladio-1990).

Después de Paladio la literatura agronómica entra en un periodo que podemos denominar proto-bizantino, en que los textos comienzan a escribirse en griego y no en latín, y se empiezan a aparecer compilaciones de los textos anteriores, tendencia ya iniciada por Paladio. Esta etapa culminará en el siglo IV con las Georgicas de Dídimo de Alejandría, en el V con Vindiano Anatolio de Beirut, que escribió el texto de recopilación de prácticas agrarias *Sinagogé*, traducido posteriormente al árabe como *Kitab Filahat al Ard*, (*Libro del Cultivo de las Plantas)*, y en el VI con las *Eglogae* de Casiano Baso, que realmente retoma y enriquece las dos anteriores. Este último tratado será reelaborado en el siglo X bajo el nombre de *Geopónicas*, y se comentará más adelante.

De la lectura de estos agrónomos se desprende que los romanos de los primeros siglos de nuestra era distinguían comercialmente distintos tipos de aceite según calidades: El más apreciado era el aceite onfacio (*oleus onphacius*), que debía su nombre al vocablo griego onfacio, una piedra preciosa transparente de color verde oscuro parecida a la esmeralda. Este aceite era el que se extraía de aceitunas aun verdes y se producía en septiembre. Era considerado en la sociedad romana una exquisitez, aunque realmente se utilizaba muy poco en alimentación, dedicándose su escasa producción sobre todo a ofrendas a los dioses, y a fabricación de perfumes en los que, antes de la utilización del alcohol, se utilizaba el aceite como base. Plinio nos dice del aceite onfacio que *"el mejor [*aceite*] de todos lo da la aceituna verde y que aún no ha empezado a madurar; éste es de un sabor excelente"*, y añade luego la explicación de porque es el mejor, *"porque cuanto más madura es la aceituna tanto más grasiento y menos agradable es el jugo"*. La siguiente categoría de aceite era el aceite verde (*oleum viride) que* se elaboraba en diciembre, con aceitunas que empezaban a virar de verde a negro. Era un aceite más suave y afrutado. Por último, el llamado aceite amargo (*oleum acerbum),* que mayormente se obtenía con las aceitunas que habían caído al suelo y por este motivo era de inferior calidad.

El aceite verde era el que se obtenía en mayor abundancia en una explotación oleícola bien gestionada, y era el que más se utilizaba en alimentación. A efectos comerciales había tres tipos de aceite verde: El denominado aceite flor (*óleum flos*), que admite también la traducción de aceite

de elite), que era el extraído de la primera presión de las aceitunas, el obtenido con una segunda presión posterior (*óleum sequens*) de calidad inferior y por último el denominado aceite grueso (*óleum cibarium*) el de menos calidad de los tres, que provenía de las ultimas prensadas. Esta clasificación nos indica al mismo tiempo el conocimiento y el interés social y comercial que los romanos tenían por los aceites de oliva. El aceite flor, el de mayor calidad en el comercio, sería, sin duda, equivalente a nuestro aceite extra virgen de primera presión en frío.

Asimismo, se desprende de estos textos hasta qué punto los romanos habían innovado las técnicas de extracción del aceite respecto a épocas anteriores, utilizando una prensa circular (*trapetum*) en cuyo interior había dos piedras cóncavas, que, al girar, accionadas por mulas, trituraban las aceitunas. El origen de la idea del *trapetum* realmente era griego, pero los romanos lo mejoraron e innovaron sensiblemente. La necesidad de aumentar la producción de aceite aumentando la presión de trituración para atender la creciente demanda del imperio, los llevó a sustituir la prensa de barra por un sistema de tornillo, obteniendo resultados de extracción posiblemente no superados con frecuencia hasta finales del siglo XIX. (Dos interesantes trabajos sobre las formas de extracción de aceite romanas, incluso con esquemas gráficos realizados a partir de las descripciones de Catón y Columela pueden encontrarse en Montes Tubio (2003) y Fornell -2007-).

El aceite de oliva era utilizado profusamente en la gastronomía, lo que se desprende, por ejemplo, de las recetas contenidas en la obra De Re Coquinaria, atribuida a Marco Gavio Apicio (siglo I), aunque realmente podría haber sido escrita por un autor desconocido en el siglo IV, donde se aconseja *"conservar en perfecto estado la aceituna cuidadosamente recogida del árbol, sumergiéndola en aceite de oliva, para poder consumirla o poder producir aceite verde en cualquier momento"*. La devoción de Apicio por el consumo de aceitunas le lleva a decir que *"consumiendo nueve aceitunas al día el hombre puede superar cualquier calamidad"*.

El nivel de consumo de aceite de oliva era tal que, por ejemplo, en la Roma imperial, el número de puestos de venta de aceite era de 123 frente a los 240 de venta de pan (Lynn-1917). El empleo del aceite no se limitaba a la gastronomía. Así se usaba para iluminación en los hogares y edificios públicos, y, por la obra de Plinio, conocemos las recetas más usuales para la elaboración de pomadas y ungüentos para diversas aplicaciones medicinales, y también el empleo del aceite para masajes, como comentaba ya en su texto Varrón. Estos usos eran tan importantes entre los romanos que Plinio, en su Historia Natural, los coloca por encima incluso del uso gastronómico, cuando afirma: *"hay dos líquidos que son especialmente agradables para el cuerpo humano: el vino por dentro y el aceite por fuera. Ambos son los productos más excelentes de los árboles, pero el aceite es una necesidad absoluta, y no ha errado el hombre en dedicar sus esfuerzos a obtenerlo"*.

4. TEXTOS MEDIEVALES DE AGRICULTURA: GEOPONICA, AGRICULTURA NABATEA Y LA ESCUELA DE AGRICULTURA ANDALUSI.

De los textos medievales de agricultura vamos a comentar aquí el tratamiento que del olivar y del aceite de oliva se hace en los Geopónica y en algunos textos de la denominada Escuela Agronómica Andalusí.

GEOPÓNICA es un texto escrito por Casiano Baso Escolástico en el siglo VI d.C, cuyo título es *Eclogae o Extractos de Agricultura,* y cuya versión más conocida, bajo el título de *Geopónica* aparece en Bizancio en el siglo X y está escrita en griego. La obra realmente es una recopilación de comentarios sobre prácticas agrarias de la mayoría de los autores griegos y romanos, bien directamente o a trasvés de citas de las *Geórgicas* de Dídimo, y la *Sinagogé* (*Recopilación de Prácticas Agrarias)* de Anatolio de Beirut. Realmente, es una obra antigua, pero se considera medieval por la versión aparecida en el siglo X, que es la que realmente se difunde y es manejada y citada por los autores posteriores.

La obra está dividida en 20 libros abordando diferentes temas, divididos en capítulos o extractos, de distinta naturaleza y dimensión, indicando en cada uno de ellos el autor correspondiente. Precisamente por su estructura en extractos la obra resulta un tanto desordenada y difícil de leer. El mayor interés de la obra radica precisamente en que la mayoría de los pensamientos agrarios están extractados de obras romanas y, sobre todo, griegas, cuyos textos ya no existen.

Para ver el tratamiento que los Geopónicas dan al olivar y al aceite de oliva, he utilizado el texto publicado por el INIA en 1998 con una traducción y abundantísimos e interesantes comentarios de M.J. Meana, J.I. Cubero y P. Sáez. (Casiano Baso,1998).

Los comentarios sobre el olivo en Geopónica, se centran en el libro 9 (16 páginas) dedicado por entero al olivar y al aceite, y algunos comentarios sueltos, y en general muy breves, en otros libros. A la viña le dedica cinco libros, del 4 al 8 (100 páginas) lo que se justifica diciendo que "*el cultivo de cualquier árbol es más sencillo que el de la vid.*"

El libro 9 se titula: "*Principios acerca de la plantación y el cuidado de los olivos, de la fabricación del aceite onfacino y de todas las demás atenciones y tratamientos que requiere el aceite*". El libro se abre con una breve historia del olivo, que culmina, en el capítulo 2 con alabanzas al árbol para tratar después del clima y terreno que prefiere, vivero, plantación y cuidado de los árboles, poda e injerto, terminando con diversas afirmaciones sobre la fabricación de aceite y los tratamientos que este requiere. Salvo la historia (realmente comentarios sobre las leyendas griegas relativas al olivo) todos los demás capítulos de este libro son extractos de obras de más de una docena de

autores griegos y latinos, que se citan al inicio de cada comentario. Así los comentarios sobre clima, terreno y plantación provienen de Florentino, mientras que los referentes a vivero y plantones de Dídimo. Sobre el injerto incluye una cita de Florentino: *"Los olivos de corteza gruesa y jugosa hay que injertarlos en la corteza, y los de corteza fina y seca en la madera…".* Aparecen también comentarios de obras de Soción, Africano, Los Quintilos, Leontino, Demócrito, Varrón, Pájamo y Apuleyo. De este último autor extracta sobre la obtención del aceite onfacino, e inicia el comentario diciendo: *"Por ahora debemos saber que las aceitunas verdes dan aceite onfacino",* y continua: *"cuando las aceitunas van a empezar a negrear, ordena a los esclavos o a los trabajadores que las recojan del árbol con las manos vigilando que ninguna de ellas caiga al suelo".* Recomienda después que *"las aceitunas se depositen en esteras de junco, para que exuden el agua que traen",* y continúa *"mételas en la muela que ha de estar limpia, y muélelas a mano ligeramente para que no se trituren los huesos, pues el jugo que sale de los huesos estropea el aceite".* Y finaliza: *"el primer jugo obtenido con leve exprimido es sumamente agradable y fino, trasiégalo a recipientes limpios y que sea para tu consumo particular…"*

Describe, también sobre la recolección, unos extractos de Pájamo: La aceituna debe recogerse *"cuando casi la mitad del fruto este ennegrecido"* y después afirma *"hacen bien algunos en agitar las ramas solo con las manos para sacudir e fruto sin emplear vara alguna"* y *"también el fruto mismo queda dañado si se le abate violentamente al caer sobre piedras o terrones duros, y si absorbe la naturaleza de la tierra dará un aceite terroso…se debe, por tanto disponer de escaleras de tijera y colocar encima un tablón para que se sitúen sobre él y cosechen."*

Llama la atención el capítulo 26, tomado de Demageron, que titula: *"Como conseguir un aceite parecido al hispano"* donde afirma que "*para obtener un aceite parecido al hispano habrá que añadir al aceite el jugo de unas cuantas hojas tiernas de olivo machacadas",* y explica que así el aceite adquiere el olor a hojas de olivo frescas, característica, según él, de los aceites hispanos, añadiendo después la condición de que "*el aceite sea onfacino o, en cualquier caso, bueno".* Los últimos seis capítulos del libro, tomados de Florentino y Dídimo, están dedicados a comentar brevemente distintos tipos de aliño de aceitunas.

En cuanto a comentarios fuera del capítulo 9, son muy escasos: En el libro 1 (capitulo 12) comenta que: *"Si Júpiter se haya en Cáncer, casa de la luna, el olivo dará mucho fruto en otoño".* En el libro 10 hace el comentario de que "*el olivo plantado de semilla dará acebuches y no olivo*", y se refiere a la bondad como abono del alpechín de aceituna sin salar. En los libros 15 y 17 comenta sobre el uso de hojas de olivo trituradas para que las abejas no huyan de sus colmenas, y para combatir la pediculosis en el ganado, respectivamente. En el libro 3 Casiano Baso expone un calendario de labores agrarias por meses , en el que incluye tan solo tres menciones sobre el olivo: En Marzo, que indica "*es el mes de curar olivos que precisen tratamiento, y de injertar antes de que empiecen a retoñar",* en Abril, citando a Teofrasto, dice que "*es el momento de podar los olivos para obtener estaquillas, y aun el momento de injertar púas y yemas",* y en Diciembre indica que " *es el momento*

de desramar los olivos, después de haber guardado ya la aceituna, ya que sale mas abundancia de fruto por los nuevos retoños". La obra de Casiano Baso fue traducida al árabe, a través del persa, con el nombre de *Filaha farisiyya*, y así pudo constituir para los agrónomos andalusíes, a partir del siglo XI, una fuente trascendental de conocimiento de bastantes autores clásicos.

5. TEXTOS DE LA ESCUELA AGRONÓMICA ANDALUSÍ:

Antes de entrar a comentar algunos autores de la Escuela Agronómica Andalusí, me parece importante hacer un breve comentario sobre el texto que se conoce como *AGRICULTURA NABATEA*, por la enorme influencia que tiene en los autores árabes posteriores. Al Awam nos lo dice en la presentación de su obra: *"Me serviré también de la Agricultura Nabatea, cuyo autor es Kutsami, que la trabajó sobre lo que habían dicho los excelentes sabios…"*. La Agricultura Nabatea, cuyo nombre se refiere a los nabateos de Irak, que eran los habitantes de Mesopotamia antes de la conquista islámica, es el primer texto de agricultura escrito en árabe y de ahí su especial influencia en los agrónomos andalusíes. Se trata de una compilación realizada en 903/4, por Ibn Wahshiyya en una aldea cercana a Kufa, en el actual Irán. El autor en el prólogo cuenta el origen de la obra, y dice que lo tradujo del siríaco de un rollo de manuscrito de 1500 hojas de pergamino que encontró en una colección de libros caldeos, cuya antigüedad exageradamente cifra en 20,000 años, y que tenía como título *"Libro de Cultivo de la Tierra, cuidado de Cereales, hortalizas y cultivos, y su protección"*, y que más tarde, hacia 930, le dictó la traducción a un alumno para que preparase el manuscrito. El gran agrónomo sevillano Al Awan pensaba, como indica su autor, que efectivamente se trata de un texto babilónico antiguo, cuyo autor habría sido Kutsami, y del que Ibn Wahshiyya habría sido tan solo un traductor del caldeo al árabe. Realmente, no es posible que sea cierto el origen mencionado por el autor, y ello por dos razones fundamentales: La primera es que, aunque en el mundo árabe del siglo X se creía que el siríaco era el idioma antiquísimo y original, utilizado por el hombre desde el momento de la creación, en realidad el siríaco es un dialecto del arameo oriental que surgió en el siglo I, y la segunda razón es que se ve que realmente es una compilación de contenidos de textos anteriores, sobre todo griegos. Hoy hay una cierta coincidencia en los especialistas de que la obra pudo ser traducida de un texto sirio del siglo V-VI d.C. Se trata probablemente de una fundición de textos griegos, con prácticas agrarias bastante mediterráneas, aplicado a un contexto geográfico, edáfico y climático del medio Oriente.

La obra está estructurada en dos tomos, con 152 y 159 capítulos respectivamente, aunque no todo el texto es agrario. En cierta forma, tiene bastante analogía con la Geopónica, aunque describe más plantas (106 frente a unas 70), y por otra parte no toda es agraria, pues incluye también descripciones de la vida rural en el Irak del siglo X, y muchos más aspectos sobre supersticiones, mitos, magia y astrología que la obra de Casiano Baso. Es curioso que la información agrícola que proporciona no coincida con los sistemas agrarios de Mesopotamia, sino más bien con los de las zonas mediterráneas, y sin embargo sus referencias climáticas, meteorológicas y edafológicas corresponden más bien a las condiciones locales de las tierras bajas de Irak. Los aspectos agrarios

más relevantes del libro son: arboricultura, técnicas de riego y edafología. En este último tema, al tratar de los tipos de suelos y de las recomendaciones de abonado, presenta una altura técnica superior a la de los libros grecolatinos.

El texto se inicia precisamente con dos amplios capítulos (42 páginas) dedicados al olivar, y el autor nos explica "*Sabed que he empezado con el olivo antes de comenzar este libro, por la razón de que es la más permanente de todas las plantas. Nuestros ancestros decían que el olivo pertenece a los dioses, y que ellos le alaban y protegen. Por eso he empezado por el olivo. Apreciad este árbol*". En ellos aborda temas como la plantación, el injerto, podas, extracción de aceite y beneficios del alpechín, reflejando así el interés por el olivar en los textos griegos cuyo contenido recopila y comenta. En algunos temas, como el calendario que contiene de labores agrarias, es claramente una traducción del texto de Casiano Baso. A la viña y al vino le dedica otros dos capítulos, pero bastante más amplios (200 páginas).

El embrión de la llamada Escuela Agronómica Andalusí (EAA) hay que buscarlo en la Córdoba califal, con la divulgación del *Compendio de Agricultura*, posible parte de la obra de medicina *El Tasrif*, del ilustre médico y científico cordobés Al-Zaharawi, más conocido como Abulcasis, que sirvió de fuente para autores posteriores de textos agrarios, y la aparición del denominado *Calendario de Córdoba*, (*o "Libro de la división de los tiempos"),* obra escrita en latín y en árabe a mediados del siglo X, por el obispo mozárabe Recemundo y dedicada al Califa Alhaquen II (Calatrava 2018). En ella se describen los trabajos agrícolas a realizar por meses, así como consejos sobre cada producto. Tiene en su contenido una fuerte carga de meteorología y astronomía, incluso de consejos de higiene y salud.

El desarrollo de la EAA tiene realmente lugar en el siglo XI, ya en los reinos taifas, y está ligado a la existencia de Jardines y Huertas Experimentales, particularmente las de Toledo y Sevilla a las que estuvieron vinculados la mayoría de los autores de textos de agricultura, y cuyo objetivo fundamental era la aclimatación y mejora de las múltiples plantas traídas de oriente después de la conquista de Al Andalus. Calatrava (2018) analiza en detalle esta relación, y enumera las huertas experimentales existentes en la España árabe e identifica la naturaleza de los trabajos realizados, así como las plantas que se aclimataron y los textos de agricultura publicados por los que en ellas trabajaron entre el siglo XI y el XIV. Entre los miembros de la Escuela Agronómica Andalusí, cita: en el siglo XI: Ibn Wafid e Ibn Bassal de Toledo, el granadino Ibn Tignari, y los sevillanos Abu al-Jair y Ibn Hajjaj, en el siglo XII: el denominado Botánico Anónimo, al parecer sevillano, y al-Awam, más conocido como Abu Zacaría, en el XIII, el malagueño Ibn Beitar, y en el XIV destaca la figura del almeriense Ibn Lugun: Ellos escriben los grandes textos de Agricultura y Geoponía de la España medieval, y posiblemente de todo el mundo árabe. Una excelente revisión sobre los componentes de la EAA y sus obras nos la ofrece Bolens (1994), tratando de la influencia en ellos de los agrónomos y geóponos de la Antigüedad. Otras descripciones de los principales agrónomos andalusíes y su legado pueden verse en Millas (1954), García (1994) y Alvarez de Morales (2002).

De la Escuela Agronómica Andalusí voy a comentar el contenido en cuanto a olivar y aceite de oliva de las obras de Ibn Bassal (siglo XI), Ibn al-Awam (siglo XII-XIII) y Ibn Lugun (siglo XIV).

Para el texto de IBN BASSAL me he guiado por la edición facsímil bilingüe árabe-castellano, publicada por el Legado Andalusí y la Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía, y comentada pormenorizadamente por Expiración García, de la Escuela de estudios árabes de Granada, y Esteban Hernández del Jardín Botánico de Córdoba. Ibn Bassal (1995)

Ibn Bassal, toledano, debió nacer a mediados del siglo XI, hijo de campesinos posiblemente muladíes, comenzó a trabajar en la finca experimental de la Huerta del Rey, que el rey taifa Al-Mamun había construido a orillas del Tajo. Trabajó primero bajo la tutela de Ibn Wafid, celebre agrónomo y autor de la *Suma de Agricultura*, llegando a ser el director, a la muerte de éste. A la toma de Toledo por Alfonso VI en 1085, se fue a Sevilla donde fue acogido por el rey Al- Mutamid, quien sabedor de su prestigio en Toledo, le encargó la dirección de la huerta experimental denominada el Jardín del Sultán, donde pudo continuar sus actividades experimentales y sus estudios botánicos, y convirtiéndose así en maestro y formador de agrónomos. Al Mutamid le mandó a un viaje por oriente para aprender sobre plantas posibles de aclimatar en Al Ándalus, algunas, como el algodón, son tratadas por primera vez en su libro. Se sabe que tanto Abu´l Jayr, sevillano, el médico y botánico toledano Ibn al-Luengo, y el granadino Al- Tignari, trabajaron con él en Sevilla; incluso el Botánico Anonimo, podría haber llegado también a formar parte de su equipo, que junto al sevillano Ibn Hajjaj constituye el núcleo fundacional de la Escuela Agronómica Andalusí.

Escribió un *Libro de Agricultura (kitab al-filaya), que* es un texto fundamentalmente basado en la propia experiencia, y prácticamente carente, por tanto, de citas de autores anteriores, lo que llevó a decir a algunos agrónomos contemporáneos como Al Tignari, que *"no poseía base científica en la materia"*. Por el contrario, el Botánico Anónimo dice de él que era:" *Maestro eminente, estudioso de la agricultura teórica y experimental y agrónomo experto que dominó la materia"*. A pesar de las posibles críticas, siempre respetuosas, de algunos contemporáneos sobre su formación teórica, tuvo una gran influencia, siendo su texto uno de los más citados por todos los autores posteriores.

La obra está estructurada en 16 capítulos, divididos en puntos o párrafos. Cuatro de los capítulos tratan sobre los árboles, abordando los temas: sistemas de plantación, poda e injertos. El olivo se menciona 15 veces en su obra, la mayoría de las cuales con comentarios breves. La vid es comentada 21 veces, pero ocupando bastante más espacio de texto.

Las primeras menciones al olivo están en el capítulo 2, donde al tratar sobre las tierras, dice que "*el olivo prospera muy bien en tierra estercolada, negra, que ofrece una superficie de color como quemado*", y luego dice que prospera también "*en tierra blanca como lo hacen las higueras los almendros y las vides*". En el capitulo 5, sobre la plantación de árboles, dedica tres párrafos (dos páginas) al olivo, y dice: *"…dispuesto el hoyo correspondiente con una profundidad de cuatro*

palmos, introduciremos en él la estaca del olivo, poniendo alrededor algunas guijas, y volveremos la tierra encima, teniendo cuidado de no llenar todo el hoyo, a fin de que la parte vacía pueda retener agua y se embeba de ella la estaca plantada en el hoyo. Dejaremos entre estaca y estaca un espacio de 20 codos…". Hace después un comentario sobre una variante de plantación de la estaca, y comenta finalmente como para plantar el olivo a partir del hueso de la aceituna, recomienda que se utilicen *"huesos de aceituna que no hayan sido nunca saladas" y asegurando que las plantas así obtenidas "darán fruto a los cuatro años o menos aún…".*

Trata profusamente del injerto en el capítulo 8, y hace algunos comentarios sobre el olivo, cuando se refiere al injerto en arboles *de naturaleza oleosa.* Distingue entre injerto romano, de hendidura, de canuto, de escudete y de taladro dice que *"el olivo puede ser injertado romano y de hendidura, siempre que sea protegido por medio de arcaduces. Esta operación se practica en el mes de abril, no más tarde." "El olivo no tolera que le cojan sus púas y se pongan bajo tierra, como hemos dicho para otros árboles, y esto es a causa de que la savia en el olivo se contrae siempre dentro, enteramente, y síntoma de ello es que cuando el olivo tiene fruto que va madurando, la savia o jugos varían en el fruto según las variaciones del aire, y así se explica que cuando el aire es frio, acompañado de heladas, el aceite es abundante en el fruto , mientras que cuando se humedece y atempera la agudeza del frío aumenta el agua en el fruto en lugar del aceite que había antes en él y retorna parte del aceite hacia el interior del árbol". "El injerto de olivo puede hacerse también en forma de canuto que se practica especialmente para las higueras."*

Sorprendentemente no aborda el tema de la extracción del aceite de oliva, de sus tipos, ni tampoco las formas de conservación y preparación de las aceitunas, pero hay que decir que quizás el manuscrito conservado de su obra podría no estar completo. En cualquier caso, a pesar de estas carencias, es una obra muy clara y sintética con un gran valor práctico, fruto, sobre todo, de experimentos realizados por su autor. Ello explica que fuese tan citada autores posteriores.

El *Libro de Agricultura* del sevillano AL AWAM, también conocido por Abu Zacaría, marca la cúspide de la Escuela Agronómica Andalusí. Para los comentarios de este texto he utilizado sobre todo la edición de 2003 de la Junta de Andalucía de la traducción que en 1802 hizo Jose Banqueri, editada y comentada por J. Ignacio Cubero, Al Awan (2003), aunque también he utilizado algún comentario del estudio preliminar que Hernandez y García (1988) hacen a la edición, por el Ministerio de Agricultura, de la misma traducción de Banqueri.

El libro consta en 34 capítulos divididos a su vez en artículos de muy diferente extensión. No hay un capítulo dedicado específicamente al olivar, pero 12 capítulos (4-15) de la obra constituyen un consistente tratado de arboricultura en sus distintos aspectos, con algunas menciones al olivo por temas. Es una obra en cierta medida de compilación de autores anteriores, aunque no exenta de aportación propia, y de un excelente enfoque personal descriptivo y didáctico. El autor cita más de un centenar de autores, totalizando unas 1900 citas, entre directas e indirectas. Casi un tercio

de las citas son de autores grecorromanos, tomados la mayoría de los Geoponica de Casiano Baso. Otro tercio son autores tomados de la Agricultura Nabatea, y el resto autores andalusíes, siendo el Haj granadino, como cita siempre al-Awam al gran agrónomo, médico y literato Ibn Tignari. (ver Carcía 1987-88, para comentarios sobre *Zuhrat al bustan -Flor o esplendor del Jardín-*, el texto agrario, lamentablemente incompleto de este importante miembro de la EAA), Ibn Bassal (que cita como Ebn el Fasel), Abu al-Jair y Ibn Hajjaj, los más frecuentemente citados. A través de este último cita con frecuencia a Junio (Yuniyus), sobre cuya identidad se tratará más adelante. Excepto la Agricultura Nabatea, casi todas las otras citas directas son de autores de la EAA. Sorprende que no haya una sola cita a Ibn Wafid, el toledano, para muchos autores el germen formador de la EAA.

En el capítulo V (20) dedica unos renglones para tratar sobre la tierra más adecuada para el plantío del olivo. En el capítulo VI (8), en los artículos 16 y 17, tratando genéricamente del trasplante de plantones, dice: *"El plantón ha de trasplantarse con todas sus raíces, aunque en el caso del olivo no es malo cortárselas…. No ha de mudarse el árbol de tierra buena y pringue a arenisca y endeble, más si hubiese que hacerlo, se llenará el hoyo de tierra buena que se le traiga. Yo he puesto plantones de olivo en el Aljarafe, en sitios de mucha tierra arenisca, en que había mucha humedad por el agua de las lluvias, con otra tierra buena que se llevó (a los hoyos) y prosperaron ventajosamente"*. Cita a Junio (Yuniyus) al afirmar que *"la capacidad del hoyo sea conforme a la naturaleza de la tierra, dando después dimensiones en el caso de los olivos de montaña y de llano" (18).*

En el capítulo VII, los artículos de 1 al 4, (8 páginas), lo dedica específicamente al plantío del olivo, y citando indirectamente a Junio (que puede ser Columela o Anatolio de Beirut como veremos más adelante) a través de Al Hajjaj, afirma que " *La tierra sobremanera buena para los olivos es la delgada y se crían excelentes en el territorio de Astigi" (Ecija), por ser aquella tierra de semejante calidad"* y añade "*también la tierra blanquiza es buena para los olivos…la tierra profunda se debe desechar para estos árboles, pues la aceituna sale de poco aceite y mucho humor, el cual fuera de retardar su maduración aumenta mucho el alpechín…se desecha la tierra demasiado buena por razón de la mucha agua y amurca en la aceituna de los olivos trasplantados en ella y también porque el aceite es demasiado delgado"*.

Citando a Junio, afirma que *"la mejor plantación del olivo es la de hoyos, que el mejor de estos es el formado un año antes, y que el espacio de cada hoyo sea proporcionado" …" algunos,* continúa citando a Junio, *hienden la raíz del olivo, y aquella parte hendida es la que plantan, otros ponen plantones de barbado, y otros plantan ramos que desgarran del árbol…"*. Sobre la tierra dice: *"La tierra jugosa hace cargar al olivo de mucha aceituna, y que por lo tocante a la calidad del aceite es generalmente el más apreciable y el mejor de todos…"*

En el artículo 3, toma una cita de la Agricultura Nabatea, *"Si está quemado el árbol, se le quitará cortando aquella parte con herramienta afilada y retirando la tierra que también lo estuviere, pues quita al árbol su fecundidad…"*

En el articulo 4 aconseja que no se varee la aceituna en días lluviosos. *"El tiempo de varear el olivo plantado en la montaña, especialmente el muy fructífero es en enero. La señal de haberse sazonado la aceituna es cuando bermejea el humor en ella contenido…"*

En los artículos 4 a 7 del mismo capitulo trata, citando al Haj el granadino, de obtenciones industriales como destilados, mostos, almibares, vinagres, alcaparrados etc, pero para nada menciona ni el aceite de oliva ni las aceitunas.

En el capítulo VIII al tratar del injerto menciona que *"el injerto de fijación entre la corteza y la madera, cuando aquella es muy gruesa y la jugosidad fluyente entre una y otra se ejecuta muy bien en el olivo."*

En el capítulo XXX, el articulo 3 comenta las señales que indica que los árboles van a cargar mucho fruto, y respecto al olivo dice que *"lo que indica que cargará de fruto abundante es si registrando las hojas nuevas que hubieran nacido aquel año se viese que termina el ramo en dos de ellas delgadas, que sean las menores y , como si fuesen un globo, compuesto de dos mitades o como encontradas una con otra por sus ángulos e inclinadas contra su costumbre,* y continua *"si por el contrario vieses esas dos hojas rectas contra su posición natural, aquel será año de escaso fruto"*

Los últimos comentarios, muy escuetos, sobre el olivo se leen en su calendario de labores agrarias (capitulo en el que sobre el olivar menciona tan solo, que *"en octubre en La Caldea se cogen las primeras aceitunas y se les exprime el aceite, que en noviembre el olivo fortalece y robustece sin en este mes se le coge el fruto, y que en agosto se hace una cava en el pie de los olivos puesto que el polvo de ella en aquel tiempo anticipa la maduración del fruto lo cual es muy bueno para el aceite"*.

Sobre el aceite solo hace un brevísimo comentario aislado, citando además a Abu-el-Jair, en el capítulo XVI (25), cuando dice que "*el aceite se guarda en sitios frescos y enjutos, donde echando un poco de sal, hojas frescas de olivo machacadas, de cidro y de laurel, se revuelva todo e incorpore; y que los vasos estén enteramente llenos y a la sombra, por contribuir esto a conservarlo sin alteración y fuertemente oloroso…"*. Resulta difícil de entender esa brevísima referencia al aceite de oliva en un texto que pasa por ser, y seguramente con razón en otros aspectos, el más completo y notable tratado de agricultura de la Edad Media.

He escogido como último de los tratados de agricultura andalusí el del almeriense IBN LUGUN, escrito en 1384, un año antes de la muerte de su autor como consecuencia de una epidemia de peste en su ciudad natal. El Tratado de Agricultura de Ibn Lugun, aparte de denominarse habitualmente como *Kitab al filaha (Libro de Agricultura)* tiene realmente un alambicado y largo título, que se ha traducido de diversas formas al castellano. Tomamos aquí la traducción de Joaquina Eguaras (1988) la traductora del texto completo y su mejor comentarista, quien lo traduce como *"Libro del principio de la belleza y fin de la sabiduría que trata de los fundamentos del arte de la agricultura"*.

El Tratado tiene las siguientes características:

A) Está escrito en verso constituyendo realmente un vasto poema compuesto por 1365 versos, ocupando 100 páginas y organizado en partes temáticas, agrupadas en 157 apartados a modo de poemas. El haber escrito un tratado de agricultura en verso hace que algunos denominasen al autor el Virgilio árabe, aunque realmente nada tiene que ver en elegancia y belleza su verso agrario con las Geórgicas virgilianas. Además, Ibn Lugun escoge para componer su libro el tipo de poema llamado *uryuza* compuesto de versos denominados *rayaz*, que es la forma más simple y menos elegante de versificación utilizada en Al Andalus. La uryuza apenas tiene adornos retoricos o poeticos. El mismo autor justifica la elección de este tipo de verso, diciendo que lo hace para facilitar más la comprensión del contenido, al describir las practicas agrarias de la forma más sencilla posible.

B) Es, cronológicamente, el último texto andalusí de agricultura y que, por el interés de su contenido, puede considerarse prolongación de la Escuela Agronomica Andalusi de los siglos XI y XII. Existen textos posteriores en el Reino de Granada, pero el de Ibn Lugun es el ultimo que trata de las técnicas de cultivo, pues los textos posteriores, como el del almeriense Ibn Arbuli, escrito entre 1414 y 1424, se ocupa de las características de los alimentos y no de las técnicas de cultivo.

C) Supone, según confesión del mismo autor, una síntesis poética de los textos de Ibn Bassal e Ibn Tignari, cuyas teorías comparte y que son prácticamente los únicos autores citados en el texto, si bien en sus abundantes (352) notas marginales, aparecen múltiples citas de muchos otros autores, romanos, griegos y árabes; así cita, entre otros textos, la Agricultura Nabatea, y los tratados de Magón, Varrón y Catón a través de Columela. Llama la atención la ausencia total de menciones al gran Ibn al Awwan, al que, sin duda, debería conocer.

No voy a entrar a comentar nada sobre la estructura ni el contenido del texto, para el que remito al excelente trabajo de Eguaras (1988), tan solo diré que en el texto se comienza identificando los cuatro elementos claves de la agricultura: tierra, agua, abonos y labores, y luego distingue, en seis clases, lo que el agricultor pone en la tierra: esquejes, huesos, semillas, granos, bulbos y tallos, y sobre esta doble clasificación estructura la obra en base a comentarios sobre los distintos cultivos, al tratar cada uno de esos temas.

Los comentarios sobre el olivar son muy escasos, y más aún sobre el aceite de oliva. Ibn Lugun menciona el olivo al tratar de los tipos de esquejes, afirmando simplemente que *"el esqueje desgarrado va bien para algunos árboles como el olivo"* (36), al tratar del injerto no menciona para nada el olivo mientras que a la vid le dedica varios apartados, y posteriormente comenta (55) que *"plantando los huesos, el olivo degenera"*. Al tratar de la poda, no menciona para nada la del olivo, mientras que de nuevo a la de la viña le dedica un apartado entero (61). Utiliza después algo menos de media página (103) para hablar sobre el vareo de las aceitunas y su conservación. Mas adelante, al final de un breve apartado sobre las raíces de los frutales (150) se limita a decir que *"hay que regar los olivos en Febrero"*. No menciona en toda la obra ni el aceite de oliva ni su técnica

de extracción, tan solo dedica tres líneas (104) a cómo mejorar el aceite estropeado, al decir que se mejora introduciendo unas hojas de olivo.

A la vista de lo anterior surge la siguiente pregunta: ¿Por qué un texto en el que se mencionan casi 300 plantas y productos agrarios, apenas hace algunos comentarios sobre el olivo, y ni siquiera se refiere a la extracción, y a las clases, de aceite de oliva, producto tan importante y consumido en la época?

En realidad, como hemos visto, los textos árabes dan, en general, menos importancia al olivo y al aceite, y eso puede deberse, en mi opinión, a varias causas, que expondré con detalle más adelante, entre las que pueden estar las dos siguientes: El hecho de la influencia de Columela, posiblemente una fuente importante, directa o indirecta, de conocimientos agrarios para los autores árabes, con la excepción de Ibn Bassal, y sus contundentes afirmaciones sobre la poca problemática del olivar respecto a otros cultivos, y el hecho, mencionado, analizado por Calatrava (2018), de que la Escuela Agronómica Andalusí nace vinculada a los Jardines y Huertas experimentales, en los que el objetivo principal eran la aclimatación y mejora de nuevas plantas, frutales y hortícolas preferentemente, entre las que, evidentemente, el olivo no se encontraba pues había sido ya, siglos antes, aclimatado por fenicios, griegos, y, sobre todo, romanos. Esta segunda razón para explicar el pobre contenido respecto al olivar y, sobre todo respecto al aceite de oliva, de los tratados agrarios andalusíes, explicaría lo indicado por Calatrava (2018) de que el interés por escribir textos de agricultura, describiendo los cultivos y su problemática, es ya, con la sola excepción del poema agrario de Ibn Lugun, prácticamente inexistente en los casi tres siglos de la Granada nazarí, aunque si aparecen textos sobre las propiedades nutricionales y terapéuticas de los alimentos. Esta ausencia de textos agrarios se debe, en mi opinión, a que las plantas, cuyo estudio y aclimatación fue el origen de la EAA, y el mayor interés agronómico de sus miembros, estaban ya todas aclimatadas, y el sistema agrario asentado y consolidado. Es lógico imaginar que algo así ocurría con el olivo en los escritos de los siglos X al XIII. Mas adelante en los comentarios volveremos sobre estas y otras posibles causas.

De entre los escritores de la EAA, El Botánico Anónimo es el único autor que enumera las distintas variedades de olivos existentes en Al Andalus, que identifica y describe con nombres romances, de todas parece que la que era más abundante en el siglo XI era la *masanal*, que, por las características descritas, García (1996) identifica como la actual Manzanilla. En dicha obra, García (op. Cit), se recogen las distintas variedades descritas por el Botánico Anonimo, y se intenta hacer una interesante identificación de cada una de ellas con las variedades actuales.

En cuanto a aceites, los musulmanes del al-Ándalus distinguían a efectos comerciales básicamente dos tipos de aceites: aquellos que se extraían de la aceituna verde (*zayt al-unfāq*) y aquellos extraídos de la aceituna madura *(zayt al-zaytūn)*, aunque realmente era este segundo tipo el que se vendía en los comercios, pues el primero, cuyo nombre es, evidentemente, una

traducción al árabe del aceite onfacino de los textos clásicos, era escaso, caro, y solía dedicarse para usos cosméticos, sobre todo a fabricar perfumes. Dentro del aceite de aceitunas maduras, aunque con frecuencia poco distinguidos en el comercio, los entendidos diferenciaban el llamado "aceite de agua" (*zait al-mâ*), obtenido con la primera presión, y el aceite de molino o de prensa (*zait al-ma´Sara*) obtenido por presiones posteriores. Los aceites de peor calidad se cocían en agua caliente y se dejaban 30 días antes de echarlo en ánforas, dando lugar a lo que llamaban "aceite cocido" (*zait al matb-ùh*), que se empleaba mayormente para alumbrado. Bolens (1996)

6. LA OBRA DE ALONSO DE HERRERA

A comienzos del siglo XVI, en 1513, se publica en Alcalá de Henares la primera edición del que ha de ser una de los grandes textos agrarios europeos del renacimiento, *Agricultura General*, que se había escrito tras una larga búsqueda de información por su autor Gabriel Alonso de Herrera, nacido entre 1470 y 1480 en Talavera de la Reina. De padre agricultor acomodado, desde muy joven colabora en los trabajos del campo, lo que constituyó su primer aprendizaje. Tras la conquista de Granada, se va a estudiar a esta ciudad, posiblemente sacerdocio, animado por su paisano Fray Hernando de Talavera, titular entonces de la archidiócesis, alojándose en el colegio mayor San Cecilio, que el "santo alfaquí" acababa de fundar. Esa estancia le permite acceder a bibliotecas donde tiene su primer contacto con textos antiguos de agricultura, y ese será su segundo aprendizaje. Desde el momento que llega a Granada le llama la atención su agricultura tan distinta de la de su Talavera natal y comienza a interesarse y a conocer a fondo las técnicas agrarias moriscas. (tercer aprendizaje). Sabiendo de sus conocimientos de agricultura, el marqués de Mondéjar le encarga de la administración y gestión de sus huertos en la vega y otras comarcas del reino. Existen documentos escritos que muestran que en 1502 era ya reputado en el Reino de Granada por sus amplios conocimientos agrarios, que llegan a oídos del Cardenal Cisneros, que, por aquella época, consciente del abandono de la actividad agraria tras los sucesivos periodos de guerras, y muy preocupado por el desastre de la agricultura nacional tras la toma de Granada, le encarga la realización de una vasta y completa obra de agricultura, que el cardenal financia con su propio patrimonio. Este encargo le llevará a viajar por toda España y por otros países como Francia, Alemania e Italia documentándose, y rematando así su aprendizaje sobre el tema. En este último país conoce la vasta obra del abogado Pietro de Crescenci (1233-1331), *Ruralia Commoda*, también conocida como *Libris Ruralium Commodorum*, al que Herrera citará frecuentemente en su obra como Pedro Crecentino. La obra del italiano trata muy poco el tema del olivar y el aceite siendo lo más famoso de ella sus libros IV que es un Tratado de Viticultura y Enología y el VIII sobre jardinería y planificación de jardines. Ver comentarios sobre dicha obra en Saltini (1994).

La obra de Herrera, *Libro de Agricultura, que es de labranza y crianza,* se compone de seis libros, divididos en capítulos que abarcan todas las actividades del campo de forma sistemática y clara, y que tiene además el acierto de estar escrita en lenguaje popular, como se lo habían encargado para que llegase a los labradores, tratando de adecuarse al lenguaje campesino, que conoce bien. El

autor nos lo dice en el prólogo: *"Otros habrá que con más doctrina y con mejor estilo proseguirán los preceptos y reglas desta arte, más pienso yo no haber hecho poco ser principio en nuestro castellano y abrir la puerta a otros"*. Y continua*: "No entienda ninguno que digo ser yo el primer inventor de esta arte de agricultura, pues de ella vivieron nuestros antepasados y vivimos nosotros, y de ella en griego y en latín hay muy singulares trabajos"*

Herrera conoce perfectamente los textos clásicos, y lo demuestra pues, además de a Pietro de Crescenci, menciona en su texto a los más grandes autores de la antigüedad greco-romana, así cita a Teofrasto, Columela, Plinio, Catón, Palacio, Varrón, etc., incluso al cartaginés Magón cuya obra solo podía conocer por referencias. De hecho, tituló su obra inicialmente *"Obra de Agricultura compilada de diversos autores",* aunque posteriormente la cambió de título.

La obra de Herrera retoma de hecho, de alguna manera, la estructura de los textos clásicos en cuanto a formato y contenido, el espacio que dedica al olivar y al aceite es, entre otras, una muestra de ello. Sin embargo, su enfoque es intermedio entre los textos romanos, que van dirigidos fundamentalmente a los grandes agricultores de las villae romanas, y los textos de la escuela agronómica Andalusi que van más dirigidos hacia la sociedad campesina. Alonso de Herrera trata de llegar e interesar a ambos al mismo tiempo, y lo consigue. Tal como era la intención de Cisneros, podemos decir que la obra de Herrera es capital para el inicio de la modernización del campo en España con criterios científicos, con lo que cumplió con creces el objetivo que se había propuesto al escribirla. En mi opinión su libro puede considerarse claramente un avance de lo que más adelante sería la Ilustración.

Para comentar lo que del olivo y el aceite de oliva dice Alonso de Herrera, utilizaré la edición, profusamente comentada por los agrónomos más relevantes de la ilustración, de la Sociedad Matritense de Amigos del País de 1818. Herrera (1818).

Sobre el olivo trata bastante más que los autores árabes, retomando un poco la tradición de los tratadistas romanos más antiguos. En el libro III le dedica entero el capítulo 35 que titula: *"De las olivas y los acebuches: aceitunas, aceite y alpechín",* (17 páginas), que comienza cantando las excelencias del árbol del olivo (al que el autor llama oliva) y su importancia casi mítica en la antigüedad. Comienza diciendo: *"Son tantas las excelencias de este árbol que antes se cierto que para las poder decir bien y declarar me faltaran más palabras que materia"*. Continua después explicando la utilidad del aceite: *¿Qué buena provisión o despensa hay sin aceite? Otras provisiones hay para abundancia cuando el aceite es de necesidad…* Y explica entonces sus usos para medicina, como ungüento, para guisos, para iluminación, etc. De las aceitunas dice después que *"adornan los banquetes"*. Todo ello para acabar afirmando que con todas esas virtudes de los productos del olivo *"la mayor de todas es la facilidad para nacer y criarse. Es sempiterno, y aunque se deje sin labrar muchos años no perece e incluso continúa fructificando algo, y cuando se retorna sobre él, él se retorna sobre sí, de viejo se hace nuevo, de enfermo sano, de estéril fructífero"* (El autor toma

claramente, sin citarlo, la frase inicial del texto de Columela), y concluye diciendo: "La *oliva es un árbol de poco trabajo y mucho provecho*".

Pasa después a hacer una serie de comentarios sobre el clima y las tierras que el olivo precisa: "*Necesita climas templados ni muy calientes ni muy fríos, y tierras airosas a ser posible con vientos de poniente. Va bien en cerros que no sean muy enhiestos, sino algo acostados…" "En los llanos se hacen grandes y gentiles, sobre todo si la tierra es gruesa y sustanciosa*" … *"Las aceitunas más gruesas son mejores para comer y las más menudas para aceite. Las gordas quieren más llanos que cerros."* Hace algún comentario sobre las asociaciones del olivo con otros árboles y, entre otras cosas, afirma: "*Se deben plantar entre las olivas granados pues el olor de las balaustias, como se conoce a la flor del granado, hace brotar mejor las olivas."*

Trata también Alonso de Herrera de como plantar el olivo, y dice que el olivo se presta a muchas formas de plantación. *Puede plantarse a través de su simiente, aunque se hacen acebuchares. Se pueden plantar también por ramo, estaca, pedazo de raíz, barbados y astilla.* Indica que la principal forma de poner el olivo "*es de barbado, que se hacen de los pimpollos que echa la oliva al pie de la raíz". Si se hace de estaca, que esta sea con más de cuatro palmos o cinco*".

Da después consejos para la estercoladura del árbol, que según él debe de hacerse cada tres o cuatro años. Se muestra partidario de añadir también *"alpechín no salado con otra tanta agua*".

El autor comenta frecuentemente la utilidad de alpechín, y así dice que "*si el pie de la oliva esta comalido, sáquenle con un cuchillo todo lo seco y podrido hasta llegar a lo verde y embárrenlo con base amasado con alpechín y volverá a reverdecer.*" Y añade:*" si es mucho lo seco, tengo por mejor que la corten por el pie, y echará de nuevo, y harase nueva la oliva, que si es tanto o más lo malo que lo bueno es mejor cortarla cuanto más bajo pudieren y en el escava échenle estiércol muy podrido…"*

Al tratar del injerto cita a Paladio al decir que *"si la oliva se injerta en acebuche vive más años y con más viveza y verdor".*

Aborda también la conveniencia de dar algún riego si es posible: *"Onde las olivas se riegan dan más aceituna y no se les cae tanta, y aún dan más aceite, más no es tal como lo de sequera*"

Hace algún comentario, demasiado breve, sobre la existencia de distintas variedades, y afirma que "*la que más aceite da son las de cornatillo*". Al citar que se encuentran en la zona de Talavera, es posible que se esté refiriendo a la variedad *Cornicabra* tan frecuente hoy en la provincia de Toledo.

En cuanto a la recogida de la aceituna, dice que *"el tiempo de coger es cuando estén aun verdes, pero comenzando a pasar a negras, y aun cuando más prieta da más aceite es muy mejor lo de la verde, que cuanto más madura la aceituna más gruesa sale el aceite y de peor sabor…". "de todo aceite el mejor y el más sano es el que sale primero…".* Critica después la práctica de dejar la aceituna

madurar en el árbol*: "Otros las dejan estar en las olivas hasta que ellas se caigan, y no saben lo que hacen, que mientras están en el árbol más poco aceite dan y aun esquilman mucho el árbol para el año siguiente. "Si la aceituna cae, déjenla poco en el suelo, que se daña allí mucho…"*

Indica que la forma mejor de recogida de la aceituna, tomada posiblemente del texto de Varrón (55)," *es a mano, con escalas, sin herir la oliva",* y añade que *"precepto antiguo era que a la oliva no la aporreasen, ni aun la escurriesen apretadamente, pues al aporrear se quita lo nuevo y ternecico onde lleva el fruto"* y añade después *"por eso son mejores las olivas más enanas, que allende de dar más fruto, cogese a menos costa, más sin pena y con menos daños al árbol…".* Parece como si el autor estuviese pensando, cinco siglos antes, en la necesidad de la actual olivicultura super-intensiva y en seto, con variedades de olivo de muy pequeño porte.

Comenta después algo sobre cómo tratar las aceitunas después de recogidas, *"colocar las aceitunas en un cabo limpio, bien enladrillado, y algo costero a una parte, para que escurra a otra el alpechín, pues si este está detenido con las aceitunas daña mucho el sabor del aceite…", "El aceite se guarda muchos años, más si más nuevo es, además es de mejor sabor, y para comer es más sano lo de las aceitunas verdes, y esto se llama omfacio"*

Trata de los diversos usos del aceite de oliva, y de las aceitunas ensalza sus cualidades gastronómicas: *"reposan mucho el estómago, dan apetito y no dejan subir los humos del vino a la cabeza…"*

Finalmente dedica un apéndice de una página a volver sobre la naturaleza y usos del alpechín, y tras definirlo comenta sus tipos: *"de aceitunas verdes o de prietas, salado o sin sal, y crudo o cocido"* y comenta sus múltiples aplicaciones entre las que destaca, citando a Paladio, su uso como abono, *"El crudo, que no tiene sal, aprovecha mucho a la labor del campo, echándolo en las escavas de los árboles si bien en pequeña cantidad, pues cuanto aprovecha siendo poco tanto daña si es mucho…".*

Los agrónomos comentaristas de este capítulo en la edición ilustrada de 1818, avalan la exactitud de su contenido, comentando al iniciar sus comentarios: *"Lejos del empeño pueril de ostentar erudición y conocimientos superiores a los de nuestro sabio autor, declaramos antes de entrar a adicionar el capítulo sobre el olivo, que cuanta doctrina encierra es exactísima, y que si nuestros cultivadores se ajustaran a ella, no se hubieran introducido las practicas absurdas que desgraciadamente ha adoptado la rutina en el cultivo de tan preciosa planta…"*

Con todo lo que Alonso de Herrera dedica al olivar, respecto a los textos de la Escuela Agronómica Andalusí, no es nada respecto a lo que dedica a la viña y al vino, que ocupan el tomo II entero (213 páginas en la edición de 1818).

7. COMENTARIOS A LA LECTURA DE LOS TEXTOS

Por el contenido de los textos comentados hemos visto que, en general, los escritores griegos y romanos más antiguos tratan en sus textos mas sobre olivar que los posteriores, aunque estos se ocupan por igual del aceite de oliva y del proceso de su extracción. En realidad, en los textos romanos, sobre todo los posteriores a Columela, el tratamiento del olivar es bastante limitado, sobre todo considerando la importancia económica y comercial del cultivo en su época, dedicando, sin embargo, mucha más atención al proceso de producción de aceite y a las características arquitectónicas y logísticas del lugar donde tiene lugar dicho proceso. Fornell (2007). Por otra parte, en los autores árabes medievales el espacio que se dedica al olivar es todavía inferior, (quizás con la excepción, apuntada por Trillo (2004), de los tipos de plantío), y los comentarios sobre el aceite de oliva suelen ser nulos o escasos. Unas consideraciones interesantes sobre la diferencia de tratamiento del olivar en las obras clásicas y andalusíes pueden verse en Carabaza (1996). Este hecho diferencial, bastante claro, rompe un poco, al menos por lo que al olivar y al aceite se refiere, lo que Bolens (1994) llama *"Romanidad de la Agronomía Andalusí"*, o sea la importante influencia de los agrónomos greco-latinos sobre los andalusíes, hecho que se explica por posibles dos vías:

(A) La vía de influencia directa de Columela a través del sevillano Ibn Hajjaj, que escribe en 1073 su obra de agricultura *El suficiente (Al Mukni*), con muchas citas a Yuniyus (Junio).

(B) La llamada vía orientalista o bizantina, que vendría de autores como Dídimo, Florentino, y, sobre todo de la Geopónica de Casiano Baso, traducida y adaptada al árabe con el nombre de Libro de Agricultura Grecorromana (Filahat ar Rumiyya)

Bolens (op.cit) se decanta claramente por la primera vía, refutando así los escritos de autores anteriores que preconizan la segunda, como Rogers (1978) y Attie (1980). Estas dos vías habían sido planteadas también por Hernández y García (1988), quienes exponen la dificultad de saber con certeza, analizando y comparando citas, cuál de las dos vías es la correcta o la de mayor influencia.

La admisión de la vía de influencia directa Columela-Ibn Hajjaj, que ha sido durante mucho tiempo admitida, solo se sostiene si se supone que el "Yuniyus" (Junio) citado muy frecuentemente por los andalusíes es Junio Moderato Columela, lo que a veces es más que dudoso comparando citas entre textos. Ya Rogers (1978) había postulado que el nombre Yuniyus no correspondía a Columela sino a Vindanio Anatolio de Beirut, y El Faiz (1988) continúa abundando en esta hipótesis y muestra claramente, mediante una exhaustiva concordancia de citas entre párrafos del *Kitab al Mukni* y *Kitab Filahat al Ard*, que es más probable que el Yuniyus que influyó enormemente sobre Al Hajjaj, y a través de él sobre Al Awam, fue Anatolio de Beirut y no Columela. J. I. Cubero (Al Awan 2003) vuelve a tratar este tema, concluyendo también que Yuniyus es una corrupción

de Vindanius (*Vindayunius*) al traducir su obra al árabe, y comenta como su libro en árabe se menciona a veces como *kitab Yuniyus ben Anatulyuliyus*, y eso le lleva a afirmar *"que una cosa es decir que (*romanos y árabes en sus textos*) describan el mismo tipo de agricultura y otra distinta afirmar que el conocimiento agrario árabe derive directamente de los autores romanos, y en particular de Columela*," Posteriormente, Travelsi (2007) es más contundente defendiendo, con múltiples argumentos y análisis comparativo de textos, la tesis orientalista, y califica de "falsa pista latina" la de influencia directa a partir de Columela. García (2009), en el mismo sentido, pretende zanjar la cuestión diciendo que la tesis de la influencia directa ha levantado "*opiniones críticas contrarias y bien argumentadas que han ido desmontándola, aunque esporádicamente sigue apareciendo alguna voz trasnochada que vuelve a reivindicar este protagonismo de la herencia directa de los autores latinos en el desarrollo de la geoponía andalusí.*". Dicha autora considera que las mayores fuentes de conocimiento de los agrónomos andalusíes fueron los Geopónica y la Agricultura Nabatea, y que el conocimiento de los autores grecolatinos les llegó mayormente a través de ellas. En mi opinión creo que hoy día eso puede considerarse como algo cierto.

Creo que, a la vista de lo anterior, hoy podemos afirmar que la balanza de los expertos se inclina claramente por que el conocimiento a los agrónomos árabes españoles, aparte de lo generado por sus propias experiencias de campo, no les viene de los romanos directamente, por la vía denominada latina, sino de todos los autores que les precedieron, tanto en el mundo grecorromano como de Oriente Medio.

Esta interesante polémica es importante para el tema del olivar y el aceite de oliva pues de ser cierta la hipótesis de la influencia latina directa sería más trascendente la influencia que las afirmaciones de Columela podrían tener en el tratamiento que del olivo y el aceite hacen los textos andalusíes, que de otra forma solo la tendrían de manera indirecta.

Para entender esta diferencia de atención y contenido respecto al olivar y, sobre todo, al aceite de oliva, entre los textos antiguos y los medievales, hay, en mi opinión, que considerar la concurrencia de distintos hechos, entre ellos los siguientes:

. - Mientras los textos de la antigüedad grecorromana estaban normalmente escritos por, y dirigidos para, los empresarios medianos y grandes, (los patronos de villae romanas), en el caso de los árabes eran códices que trataban de reflejar más bien la agricultura campesina, aunque en Al Ándalus también existían grandes propiedades, normalmente pertenecientes a ricas familias urbanas, la mayor parte de ellas situadas en un entorno periurbano. El olivo era un árbol muy extendido en Al Ándalus, pero a nivel de la pequeña explotación campesina eran unos cuantos árboles en las huertas destinados al autoconsumo familiar y venta en mercados locales de aceitunas y aceite. Así, Trillo (2004) comenta que mientras los textos antiguos planteaban un olivar con grandes plantaciones, asociado a la ganadería, e incluso a veces al cereal, en Al Ándalus el olivo era,

con cierta frecuencia, un cultivo regado, o semiregado, y que se encontraba en huertos formando parte del policultivo mediterráneo de regadío o disperso por el área agrícola. Esta afirmación es más cierta en la parte oriental de Al Ándalus que en la occidental, como veremos más adelante.

. - Por otra parte, cuando se escriben los textos griegos y romanos más antiguos, el olivo estaba todavía adaptándose y sufriendo importantes innovaciones tecnológicas, introducidas sobre todo por los romanos, y es, por tanto, un cultivo en evolución, sustituyendo al aligustre en las zonas ribereñas del mediterráneo, e introduciéndose en áreas interiores, y por ello constituía un objeto atractivo para los agrónomos experimentadores, que eran normalmente los autores de las obras de agricultura. Por el contrario, para los árabes, como ya se ha comentado, el olivo es un cultivo ya consolidado. Ello explica que Watson (1998), que analiza con detalle las innovaciones agrarias introducidas por los agrónomos árabes españoles, no mencione nada relativo ni al olivo ni al aceite de oliva.

. – Relacionado con lo anterior hay que decir que los agrónomos andalusíes se formaron inicialmente en las huertas experimentales montadas por los reyes de las primeras taifas (siglo XI), y posteriormente en los periodos almorávide y almohade, y estas huertas estaban básicamente dedicadas a la investigación y experimentación sobre aclimatación y mejora de las plantas traídas de Oriente. Así, Calatrava (2018) indica que *"Entre los siglos IX y XIII se introdujeron y aclimataron en España muchas nuevas especies originarias de Persia, Mesopotamia, Oriente y la India, tal es el caso por ejemplo del arroz, el algodón, la berenjena, las espinacas, el regaliz, las sandías y los melones, la alcachofa, la zanahoria, el naranjo amargo, el limonero, diversas especias y condimentos, como el azafrán y la pimienta negra, así como multitud de hierbas aromáticas y medicinales. También árboles como la palmera y diversos frutales. En dichos jardines o huertos, experimentando mediante injertos, se generaron frutas como el albaricoque, variedades de granada, ciertas especies de higos, como el de Málaga, algunos tipos de dátiles, etc"*. El olivo no estaba, evidentemente, entre sus prioridades pues, como se ha comentado, había sido ya suficientemente adaptado y trabajado por los griegos y los romanos, y por lo tanto es lógico que no se refleje tanto en sus textos agrarios como los frutales, las hortalizas y las hierbas aromáticas, y cuando lo hace es, con frecuencia, como muestra erudita de transmisión del saber antiguo. Por otra parte, dentro del objetivo de aclimatación y como instrumentos del mismo, Calatrava (op.cit) indica que los trabajos de experimentación agrícola llevados a cabo por los agrónomos en las huertas experimentales de Al-Ándalus solían priorizar los temas siguientes:

a-El suelo como soporte y alimento de la planta: actuación sobre su estructura y laboreo.
b-Rotaciones de cultivos y necesidad, y función, del barbecho labrado.
c-Regadío y manejo del agua en la agricultura.
d-Abonos y protección de la fertilidad del suelo: naturaleza, épocas y frecuencias.
e-Manejo de los árboles: plantíos, podas e injertos.

No es de extrañar que los textos andalusíes, tengan una estructura temática siempre bastante similar a estos apartados, y los comentarios sobre los cultivos se incorporan en ellos, salvo algunos frutales, hortícolas, y plantas aromáticas que suelen tener su apartado propio. Es por ello que no suele haber en ellos un capítulo propio para el olivo.

. - El aceite para los griegos y, sobre todo, para los romanos, era una comodity multiuso de la máxima importancia, y objeto de intercambios comerciales en todo el mundo conocido, del que se llevaba hasta un cierto control de calidad y una forma primitiva de trazabilidad en las ánforas objeto de transacciones, mientras que en Al-Ándalus, aunque el consumo de aceite de oliva era también muy importante, pero era un consumo más doméstico, con menor comercio exterior, aunque también lo había entre las regiones del mediterráneo; conocidos eran, por ejemplo, los constantes envíos de aceites del Aljarafe sevillano, y de ciertas comarcas jienenses, a Egipto. Al respecto es interesante el comentario de Martinez (2007), en el sentido de que en Al Ándalus había dos tipos de olivares a partir del siglo XI, uno más occidental, ligado a la producción comercial a mayor escala y a la exportación, y otro más oriental ligado a la economía campesina y a los mercados locales. Dicho autor considera que eso explicaría que Ibn Lugun, que escribe su obra en Granada, trate mucho menos del olivo y del aceite que Al Awam, por ejemplo, que la escribe en Sevilla. En cualquier caso, ese relevante comercio de exportación de aceite desde ciertas zonas olivareras de Al Ándalus, dista, en mi opinión, bastante de lo que había sido el movimiento comercial de aceite intra-mediterraneo en la época romana.

. – Otra razón podría ser que la conocida, y ya mencionada, postura de Columela de que el olivar es el árbol más importante de todos los árboles, pero que no presenta dificultades ni problemas técnicos dignos de abordarse en los tratados de agricultura, en los que basta con unos comentarios y consejos escuetos, mientras que otros cultivos, como la viña, por ejemplo, presentan mayor problemática y dificultades y deben ser, por tanto, objeto de mayor atención, puede haber tenido una influencia, directa o indirecta, en la mayoría de los textos posteriores. Esta idea se refleja claramente, hasta en la obra de Alonso de Herrera, ya en el siglo XVI, ultimo de los textos comentados, y podría ser una razón adicional para que los tratados de agricultura hispano-árabes no se extiendan excesivamente sobre el olivar y el aceite de oliva.

. – Una razón adicional, apuntada por Trabelsi (2011), podría ser la de determinadas dificultades y anomalías en las traducciones al árabe de la obra de Casiano Baso, una de las grandes fuentes de conocimiento de los autores clásicos para los agrónomos andalusíes, que afectaron particularmente a las partes que trataban del olivar y del aceite de oliva, y que llevaron a omitir, o a traducir de forma dificultosa de interpretar, en el texto árabe bastantes de los párrafos dedicados al tema.

. - No hay que olvidar, sin embargo, como otra posible causa, la relativa crisis que sufrió el cultivo del olivar y el comercio internacional de aceite, a la caída del imperio romano, que se mantendría durante toda la Edad Media.

El que los problemas y las formas de mejorar el cultivo del olivar y los métodos de extracción de aceite hayan permanecido casi sin grandes cambios desde el final del imperio romano hasta el siglo XIX por lo que se refiere a los sistemas de extracción del aceite y hasta la segunda mitad del XX por lo que se refiere a mejora de las variedades y técnicas y sistemas de cultivo puede estar relacionado con esta falta de atención e innovación.

8. CONCLUSIONES: A MODO DE RESUMEN

. - El olivar y el aceite de oliva están en la base de la cultura mediterránea desde la más remota antigüedad, por lo que son mencionados en textos casi desde la aparición de la escritura. Su mención en Tratados de Agricultura comienza en los siglos V-IV a.C.

. - Los fenicios y los griegos iniciaron la expansión del olivo por las riberas del mediterráneo. El conocimiento que los fenicios tenían del cultivo del olivar y de la extracción de aceite, solo lo conocemos a través de las numerosas citas del texto del cartaginés Magón (¿siglo V-III a.C.?) hoy lamentablemente desparecido.

. - Para los griegos el aceite de oliva era ya, como lo fue después para los romanos, un producto de trascendental importancia y múltiples usos que fue cantado por los grandes poetas griegos desde el siglo VIII a.C. El olivo fue protegido por las leyes ya en el siglo VI a.C., y fue objeto de distinción y premio en los Juegos Olímpicos desde su inicio en el siglo VIII a.C. Asimismo las aceitunas griegas aliñadas fueron famosas desde la antigüedad y continuaron siéndolo durante el imperio romano. Los griegos ya comenzaron a plasmar sus conocimientos sobre olivar y aceite de oliva en numerosos textos de agricultura y geoponía (Columela menciona la existencia de 39 autores griegos) la mayoría desaparecidos. De Teofrasto, el denominado padre de la Botánica, se han comentado en el texto algunos párrafos de los que le dedica al olivar en su libro *Historia de las Plantas.*

. - Los textos romanos más antiguos (Catón y Varrón) dedican bastante atención al olivar y sobre todo al aceite de oliva. A partir del siglo I d.C Columela reduce considerablemente los comentarios sobre el cultivo del olivo, (no así sobre el aceite), y lo explica paradójicamente afirmando su importancia, pero también la falta de problemas y de dificultades para su cultivo. Esta postura del gran agrónomo gaditano podría haber repercutido bastante en el tratamiento que al olivar y al aceite de oliva dedican los textos posteriores.

. - Durante la Edad Media, aunque a su inicio los textos Geoponicas (siglo VI-X?), y Agricultura Nabatea (siglo X?), claramente influidos por los autores griegos y romanos, tratan bastante del olivar, los textos de la llamada Escuela Agronómica Andalusí, los más importantes tratados de agricultura de la época, no prestan al olivo, y mucho menos aún al aceite de oliva, la atención que merecía por la importancia que en su época continuaba teniendo, a pesar de la denominada crisis

del olivar durante la Edad Media. Las razones para ésto pueden ser múltiples, y se han comentado y analizado en el texto. Las más importantes son: La mayor importancia en el mundo greco-latino del aceite de oliva como commodity objeto de fuerte comercio entre los países ribereños del mediterráneo, la dedicación de los textos grecolatinos, sobre todo romanos, a las grandes explotaciones, entre ellas las olivareras, mientras que los textos árabes medievales se enfocan más hacia la economía campesina, y la formación de los agrónomos hispano-árabes en huertas donde se experimentaba fundamentalmente sobre aclimatación de plantas traídas de oriente, no sobre plantas ya aclimatadas y consolidadas siglos antes, como el olivo.

. - Esta diferencia entre el tratamiento del olivo y en aceite en los textos grecolatinos y los árabes medievales, podría ser, aparte de la frecuente no coincidencia entre citas y textos supuestamente citados, una razón más para refutar la llamada "romanidad de los tratados agrarios andalusíes" tema muy debatido, y recientemente negado, por los expertos, y sobre el que se hacen numerosos omentarios en el texto.

. - En el siglo XVI Alonso de Herrera retoma un poco la tradición clásica respecto al olivar y al aceite de oliva, al que dedica bastante espacio en su obra, aunque mantiene de alguna forma, y la expresa, la opinión de Columela sobre la escasa problemática que plantea el cultivo del olivo.

. - Esta limitada consideración sobre el olivo y el aceite de oliva en los textos de agricultura durante casi 15 siglos, que no se corresponde en absoluto con la importancia que tenía el cultivo en los países mediterráneos, puede estar en la base del hecho de las escasas innovaciones tecnológicas en el cultivo del olivar y el proceso de extracción de aceite de oliva, desde el final del imperio romano hasta prácticamente el siglo XIX.

9. REFERENCIAS

Al Awan (2003): *Libro de Agricultura. (*Edición y Comentarios de Jose Antonio Cubero sobre la traducción de Banquieri de 1802*).* Junta de Andalucía. Consejeria de Agricultura y Pesca. Servicio de Publicaciones y Divulgación. Colección El Arado y la Red. Sevilla. 2 volúmenes. P. 953.

Alonso de Herrera (1818): *Agricultura General* (Edición con comentarios y adendas por la Real Sociedad Economica Matritense. Imprenta Real. *Madrid. 4* Volumenes.

Alvarez de Morales, C. (2002): *Agrónomos Andalusíes y sus legados*. CSIC: Escuela de Estudios Arabes. Granada p 69.

Attié, B., (1980): "Ibn Hajjaj était-il polyglotte?», *Al-Qantara,* 1, 243-261.

Bolens, L. (1994): *Agrónomos Andaluces en la Edad Media.* Edi. Universidad de Granada. Colección Estudios Históricos-Crónica Nova. p. 292.

Bolens, L. (1996): Riquezas de la tierra andaluza y primacía del aceite de oliva en la sociedad y la civilización de Al Ándalus. *Agricultura y Sociedad* 80-81 Julio- diciembre. pp 181- 216.

Bolens, L. (1997): Al Andalus, un modelo de influencias agrarias externas, en *Impactos exteriores sobre el mundo rural mediterráneo: Del imperio Romano hasta nuestros días.* Morilla, Gomez-Pantoja, Fernandez Salguero y Cressier (ed.) 125-138

Calatrava, J. (2018): *The Agrarian Research in Spain: Origins and evolution in the 19th and 20th centuries.* II International Congress TransRuralHistory: Transitions in Agricultural and Rural Society: Chalenges of Rural History. Santiago de Compostela. P.22

Carabaza, J.M (1996): *El olivo en los tratados agronómicos clásicos y andalusíes*, en Expiración García Sanchez (Ed.): Ciencias de la Naturaleza en al-Andalus: Textos y Estudios. IV. CSIC, Granada, 1996, p. 11-39.

Columela, L. J.M. (1979): *De Re Rustica* (traducida del latín por Juan María Álvarez con el título *Los doce libros de Agricultura de Lucio Junio Moderato Columela).* Editada por sociedad Nestle. AEPA. 2 volúmenes. p 322 y 289 respectivamente. Santander

Caton, M.P. (1976): "*De Agri Cultura*". Universidad de Granada. Instituto de Historia del Derecho. Traducción y edición de Ana María Perales. P 247.

Casiano Baso (1998): *Geoponica o Extractos de Agricultura* (con traducción y comentarios de María José Meana, Jose Ignacio Cubero y Pedro Sáez). INIA. Colección Monografías nº 100.p 634.

Cubero, J.I. (1993): Una breve historia del cultivo del olivo. *Agricultura: Revista agropecuaria y ganadera*. págs. 406-412.

Eguaras, J. (1988): *Ibn Lugun: Tratado de Agricultura*. (Edición fasc. en árabe y traducción al castellano, comentada). Patronato de la Alhambra y Generalife. Granada. P 302.

El Faid. (1998): ¿Columelle a-t´il influencé l´Heritage Agronomique d´Al Andalus? *Al-Qantara* 19(2). Pp 257-272.

Fornell, A. (2007): El olivo y la producción de aceite en las Villae de la Betica. I Congreso de Cultura del Olivo: Humanismo y Olivo: Historia Arte y Literatura. Pp 101-120.

García, E. (1987-1988). "El tratado agrícola del granadino al-Tignari", Quaderni di Studi Arabi, V-VI, pp. 278-291.

García, E. (1987). "Problemática en torno a la autoría de algunas obras agronómicas andalusíes", en Homenaje al Prof. Darío Cabanelas Rodríguez, O.F.M., con motivo de su LXX aniversario. Granada: Universidad de Granada, pp. 333-342.

García E (1994). "La agronomía en al-Andalus", en El legado científico andalusí, Julio Samsó (ed.). Madrid: Ministerio de Cultura, pp. 145-155.

García E. (1996). "El consumo del aceite de oliva y otras grasas vegetales en al-Andalus", en La Mediterrània, àrea de convergència de sistemes alimentaris (segles V-XVIII), María Barceló Crespí (coord.). Palma de Mallorca: Institut d'Estudis Balearics, pp. 15-38.

García, E. (2009): Fuentes de los agrónomos andalusíes. *Al-Quantara* XXX-2. julio- diciembre. 529-533.

Hernández, J.E; García E. (1988). "Estudio preliminar y notas", en Libro de Agricultura su autor el doctor excelente Abu Zacaría [Ed. facs.]. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, vol. I, pp. 11-46.

Ibn Bassal (1995): *Libro de Agricultura*. Edición facsímil de la traducción y comentarios de J.M. Millán y M. Aziman, publicado por el Instituto Muley el Asan de Tetuán. La edición de 1995 lleva un excelente estudio preliminar de E. García y J. Esteban. P.229

Lynn, J. T. S. (1917): *The history of medieval Europe*. Houghton Mifflin.

Martínez, V. (2007): "Aceite que viene de moros": Algunos Datos sobre la Comercialización del aceite de oliva andalusí. En *Tierra de Olivos.* El Legado Andalusí. Jaén. pp 169-175

Millas, J.M (1954): *La Ciencia geopónica entre los autores hispanos árabes*. CSIC. Madrid. P 46.

Montes Tubio, F. (2003): Evolución Historica del diseño de las Almazaras en M. D. Toro et al: *El Sector Productivo de aceite de oliva en la provincia de Córdoba.* Capítulo 3. Pp 35-68. Junta de Andalucía. C.A.P. Serie: Olivicultura y Elayotecnia.

Paladio, R. T. E. (1990): *Tratado de Agricultura y Medicina Veterinaria.* Editorial Gredos, Madrid. Introducción, traducción y notas de: A. Moure Casas. Revisada por: I. Illán.

Plinio el Viejo (2015): *Historia Natural*. Ed. Gredos. Biblioteca Clásica 206. Varios Volúmenes. 2ª Edición.

Ríos, R. (2020): Textos de Agricultura Cartaginesa en la literatura latina. *FORTVNATAE*, Nº 32; 2020 (2), pp. 603-620

Rodgers, R. H. (1978): Yuniyus o Columela en la España Medieval.? *Al Ándalus* 43. 163-172.

Saltini, A. (1994) *"Storia delle Scienze Agrarie"*. Vol. I: *"Dalle origini al Rinascimento"*. Edagricole. Bologna. 1984.

Teofrasto. *(1988) "Historia de las Plantas"* (Introducción, traducción y notas de J.M. Díaz-Regañón). Ed. Gredos S.A..Madrid.1988

Tramoyeres, L. (1911): El Tratado de Agricultura de Paladio: Una traducción catalana del siglo XIV. Revista de Archivos, Bibliotecas y Museos. P 13

Trabelsi, B. (2007): 'Les origines de l'agronomie andalouse: nouveaux arguments en faveur d'une filiation orientale'. Revue d'Histoire Maghrebine 125, pp. 131-149.

Trabelsi, B. (2011*):* «L'olivier dans la littérature agronomie arabe l'adaptation et la traduction de l'héritage gréco-romain», In *Actes du colloque international: "l'olivier en méditerranée entre histoire et patrimoine"*

Trillo, C. (2004): *Agua, tierra y hombres en Al- Andalus*. Ed. Ajbar. Colección de Historia. p 307. Granada.

Varron M. T. (2010): *Rerum Rusticarum: Libri III.* (Traducción y comentarios de J.I. Cubero). Junta de Andalucía CAP. Servicio de publicaciones. Colección El arado y la Red. P 296.

Watson, A. M. (1998): *Innovaciones en la agricultura en los primeros tiempos del mundo islámico.* Universidad de Granada-El legado Andalusí. P.365. Granada

Weber, M. (2004): *Historia Agraria romana.* Edit. Akal Universitaria. Pp 206. Madrid.

DESAFÍOS Y ACTUACIONES DE LAS EMPRESAS OLEÍCOLAS INNOVADORAS EN LA PANDEMIA

Rodríguez Cohard, Juan Carlos. Universidad de Jaén, jccohard@ujaen.es
Juste-Carrión, Juan José. Universidad de Valladolid, juan.juste@uva.es

RESUMEN: La pandemia de la COVID-19 ha afectado profundamente a la actividad económica en todo el mundo. Los desafíos para las empresas y los territorios se han centrado en cómo lidiar con las restricciones de movilidad. Incluso en el caso de actividades esenciales como las agroindustriales, la adaptación al nuevo escenario competitivo has supuesto un gran reto. El trabajo pretende mostrar cómo las empresas oleícolas han reestructurado sus actividades para responder al confinamiento y a la nueva normalidad, usando las nuevas tecnologías como una herramienta estratégica, pero también aprovechándolas para mantener la presencia en los mercados nacionales e internacionales. La investigación se ha llevado a cabo sobre todo mediante el análisis cualitativo, usando la entrevista en profundidad como la principal herramienta para conseguir la información estratégica de los gestores de las compañías, así como también de los principales actores de la política económica local. Los resultados muestran que cuando la política económica territorial y los gerentes de las compañías cooperan, pese a las diferentes percepciones de la situación que puedan tener, el resultado es positivo para enfrentar en mejores condiciones los shocks competitivos y auspiciar nuevas iniciativas que permitan convertir al territorio y a las empresas en actores más resilientes.

PALABRAS CLAVE: COVID-19, Aceites de oliva, Desarrollo endógeno, Iniciativas locales, Política de desarrollo local.

1. INTRODUCCIÓN

La irrupción y rápida expansión global del coronavirus ha llevado a la gran mayoría de los países a enfrentar desafíos sin precedentes en los campos sanitario y económico. España ha sido uno de los países más afectados en el mundo desde ambas perspectivas, con una de las más altas tasas de mortalidad y un profundo impacto económico caracterizado por una mayor contracción, alto desempleo y una preocupante situación de las finanzas públicas (Rodríguez-Cohard, et al., 2020).

La crisis de la COVID-19 ha impactado severamente en la producción y el comercio agroalimentario: los problemas de logística internacionales y la reducción de la demanda, especialmente durante el confinamiento, a través de las exportaciones, con un fuerte impacto sobre los precios y el ingreso; el incremento en el rigor de los estándares de salud en productos y

empaquetado; las presiones nacionalistas sobre los acuerdos comerciales; o el boom en las ventas on-line, dado el colapso del canal HORECA (EIT FOOD, 2020; OCDE, 2020).

La literatura académica ha realizado grandes esfuerzos para estudiar los efectos y consecuencias de la pandemia en diferentes actividades en todo el mundo (Donthu y Gustafsson, 2020; Kristiana et al. 2021; Serbulova et al. 2020; Popa et al. 2021). Particularmente, algunos de los trabajos han destacado la importancia de la resiliencia como un proceso retador de respuesta a las consecuencias de la crisis (Trump y Linkov, 2020; Willy et al. 2020; Zimmerer y de Haan, 2020). Además, los investigadores han propuesto los efectos de la COVID-19 sobre las cadenas de valor agrícolas desde diferentes perspectivas (Morton, 2020; Toffolutti et al. 2020; Galanakis, 2020; Laborde et al. 2020; Coluccia et al. 2021), también en el caso del aceite de oliva (Mili y Bouhaddane, 2021).

Nuestra intención es mostrar la importancia de las actividades del aceite de oliva en España desde una perspectiva territorial, demostrando que las empresas locales se adaptan en colaboración con los organismos públicos dentro del marco institucional del territorio. Los resultados muestran que la cooperación entre los actores locales, que construyen redes territoriales, en la innovación de procesos, productos y diversificación de mercados son fundamentales para que los territorios sean más resilientes al encarar los desafíos actuales y futuros. Por lo tanto, la intención del trabajo es, primero, corroborar mediante un trabajo de campo las consecuencias de la pandemia en las empresas productoras de aceites de oliva y, segundo, descubrir los cambios implementados para hacerle frente, qué aprendizajes se han obtenido y cuál es el panorama esperado en el futuro por los gestores y propietarios.

2. METODOLOGÍA

El estudio se ha llevado a cabo en Jaén, donde el aceite de oliva es la actividad más importante. Se ha diseñado una investigación cualitativa donde las autoridades públicas y los empresarios han sido informantes clave. El tamaño de las empresas elegidas ha sido variado, con diferentes dinámicas y estructuras corporativas. Se ha usado la entrevista semiestructurada con 20 personas (ver tabla 1)

El trabajo de campo se realizó durante el año 2021, incluyendo visitas directas y plataformas web como Meet, Teams o Skype, así como conversaciones telefónicas para contrastar posibles malentendidos. Las notas y las transcripciones de las conversaciones se agruparon temáticamente para garantizar el anonimato. Se utiliza el análisis de contenido [Glaser y Strauss, 2012; Berelson, 1952; Pool, 1959).

Tabla 1. Datos demográficos de los encuestados

Atributo	Modalidad	Porcentaje
Género	Hombre	62.5
	Mujer	37.5
Edad	≥50	43.75
	41-44	37.5
	≤40	18.75
Puesto de trabajo	Gerente	68.75
	Mando intermedio	31.25
Experiencia	≥10 años	62.5
	6-9 años	25
	≤5 años	12.5
Nivel de estudios	Doctorado	12.5
	Licenciatura	68.75
	Secundaria	18.75

Fuente: elaboración propia.

El proceso paso a paso (Maxwell, 1996) es útil para encontrar temas en los datos primarios. En nuestra investigación ha implicado 6 fases de análisis: transcripción de los datos desde las entrevistas y revisión de las notas; generación de códigos para identificar posibles temas; la búsqueda de relaciones entre ellos; identificación de los temas; generación final del mapa temático (figura 1); y la producción del informe final del trabajo de campo.

Figura 1. Mapa temático final



Fuente: elaboración propia.

3. RESULTADOS.

3.1. Los efectos del confinamiento sobre la actividad del aceite de oliva

Las medidas adoptadas por los gobiernos en todo el mundo para contener la expansión del virus condicionaron dramáticamente los resultados de las empresas en el negocio hostelero. El cierre de restaurantes, bares y cafés afectó profundamente a la actividad oleícola en los segmentos más altos del mercado. El consumo en casa, sin embargo, creció gracias al mantenimiento en la apertura de los servicios esenciales, como los supermercados, lo que llevó a un incremento de los aceites de calidad más alta a las cocinas de los hogares. En este sentido, las ventas de aceites de alta calidad crecieron, siguiendo el camino de los pasados años, dada la alta consideración de la dieta mediterránea.

Las actividades turísticas se eliminaron de la cartera de las empresas debido a las restricciones de movilidad.

3.2. Cambios organizativos

La mayoría de las empresas oleícolas no han usado los ERTE, porque la pandemia no ha afectado a sus niveles de ventas, o en los casos en los que sí se ha producido una reducción, ésta ha permitido la adaptación de la plantilla a nuevas actividades como el mercado *on line*.

En consecuencia, se ha necesitado un entrenamiento específico para parte de las plantillas para responder al reto de la digitalización. El comercio electrónico ha sido una solución de emergencia que ha permitido desarrollar nuevas estrategías de marketing digital. Por su parte, las empresas orientadas al mercado a granel también han abierto también canales electrónicos para vender sus aceites de mayor calidad en nuevos formatos, incluyendo dosis unitarias para el negocio hostelero, atractivas botellas para el aceite de oliva virgen extra premium y nuevos formatos como el *boxing*, para mantener mejor las condiciones del producto a un precio más bajo.

"La gente busca nuevas formas de consumir productos de calidad a un precio más reducido."

Sin embargo, por ahora, el montante total comercializado electrónicamente es muy pequeño, menos del 3% (Alimarket, 2021). Las razones para tan bajo nivel de ventas pese a la dramática situación es que el mecanismo de la compra *on line* precisa la construcción de una narrativa que cautive al cliente, generalmente basada en la conexión con el *terroir*, combinando aspectos tangibles e intangibles. Además, este cambio necesita la mejora de la capacidad logística de las empresas en la cadena de valor nacional e internacional. Para ello, los procesos de gestion se han modificado y se han introducido videoconferencias en la práctica diaria.

3.3. Estrategias en la cadena de valor

La distribución en los mercados locales y regionales se ha fortalecido en las empresas que

comienzan a trabajar en la venta al detalle. Para ello han mejorado el empaquetado y la calidad de los aceites. En el exterior, el Reino Unido ha incrementado su demanda de los productos de mayor calidad, posiblemente para evitar la congestión debido al Brexit.

Las empresas más innovadoras han incorporado nuevos envases para introducir el producto en Asia. Este es el caso de los mercados chino, coreado y japonés, donde las botellas de 250 ml se demandan por los nichos medianos y altos del mercado. Las ventas han crecido gracias al uso de plataformas *on line* mediante *brokers* en destino. Las videoconfeencias y las llamadas telefónicas han sustituido a los tradicionales contactos cara a cara.

Pese al hecho de que la diversificación es uno de los mantras de las compañías oleícolas, el oleoturismo se ha dejado de lado debido a las restricciones. Sin embargo, los gerentes, despues de todo, coinciden en la percepción de que estas actividades son marginales en el resultado final de las empresas. A veces el coste de las actividades turísticas es más alto que los ingresos, por lo que las pequeñas empresas han cerrado la actividad incluso antes del confinamiento.

Sin embargo, algunas empresas abordan el turismo como un medio para promocionar sus principales productos, para conectar mejor a los clientes con los simbolismos que constituyen una experiencia más completa para valorar los aceites de oliva desde una perspectiva natural y cultural.

3.4. El papel de los organismos públicos del territorio

Los organismos públicos están especialmente implicados en la promoción del aceite de oliva, hasta el punto de que participan en ferias nacionales e internacionales, lo que brinda a las pequeñas empresas la oportunidad de asistir a estos eventos para entrar en nuevos mercados.

Sin embargo, hay una importante discrepancia entre la percepción pública y privada. Los gerentes de las empresas locales piensan que los organismos públicos tienen una relativamente baja importancia en el apoyo a las actividades del territorio, mientras que desde la perspectiva de los impulsores de las políticas de apoyo su implicación es muy alta. Las diferencias en la percepción se ensanchan cuando se trata del turismo, que las empresas consideran una actividad marginal. Para los organismos públicos éste es uno de los principales objetivos donde centrar sus estímulos.

Con todo, tanto los gestores públicos como los privados reconocen la importancia de los cursos de formación fomentados por la administración pública para aprovechar al máximo las plataformas digitales. Las diputaciones provinciales han sido especialmente activas en este campo.

Las catas virtuales y las plataformas de comercio electrónico han permitido mantener el contacto visual con el cliente. Desde luego, la creación de mercados electrónicos ha sido una de las soluciones mejor valoradas por las empresas locales para luchar contra los efectos de la pandemia.

Desde una perspectiva estratégica, los organismos públicos han apoyado la creación de marcas territoriales, como las denominaciones de origen protegidas y las indicaciones geográficas protegidas. La construcción de una imagen territorial es una de las mejores contribuciones de las marcas territoriales para la promoción de los productos locales.

Algunas empresas consideran que se debería aumentar la colaboración público-privada en la promoción del consumo nacional del producto, que se ha reducido en los últimos años, especialmente entre la población más joven. Las más grandes van más allá, poniendo énfasis en las actividades de investigación e innovación, la búsqueda de nuevas combinaciones de productos y nuevas formas de promoción, para incrementar la posición en los mercados internacionales.

4. CONCLUSIONES

Las empresas oleícolas han demostrado una gran resiliencia durante los peores momentos de la pandemia, pero se enfrentan a grandes desafíos en el futuro. La nueva normalidad aceleró el proceso de digitalización y aumentó la diversificación de sus negocios. Es importante destacar que los organismos públicos las han ayudado a mantener la vista en el mercado en los primeros momentos del confinamiento, pero el paradigma tecnológico precisa de una nueva planificación a largo plazo y de una política sostenible de colaboración entre los actores locales para implementar políticas territoriales adecuadas para lidiar con los retos futuros.

Esta investigación tiene algunas limitaciones derivadas del tamaño muestral y del método usado para el análisis. Las conclusiones se deben tomar con cautela a la hora de extenderlas a otras actividades productivas y territorios, pues están condicionadas por su lógica institucional.

BIBLIOGRAFÍA

Alimarket (2021): *Informe del sector del Aceite de Oliva en España. Más Envasado Menos Precio*, Publicaciones Alimarket: Madrid.

Berelson, B. (1952): *Content analysis in Communication Research*, The Free Press: New York.

Coluccia, B.; Agnusdei, G.P.; Miglietta, P.P.; De Leo, F. (2021): «Effects of COVID-19 on the Italian agri-food supply and value chains», *Food Control*, 123, 107839. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107839.

Donthu, N.; Gustafsson, A. (2020): «Effects of COVID 19 on business and research», *Journal of Business Research*, 117, 284–289. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.06.008

EIT Food (2020): *EIT Food Foresight: Impact of Covid-19 on the Food Sector in Southern Europe*, Lantern: Madrid.

Galanakis, C.M. (2020): «The Food Systems in the Era of the Coronavirus (COVID-19) Pandemic Crisis», *Foods*, 9, 523. https://doi.org/10.3390/foods9040523.

Glaser, B.G.; Strauss, A.L. (2012): *The Discovery of Grounded Theory. Strategies for Qualitative Research*, Aldine Transaction: New Brunswick.

Kristiana, Y.; Pramono, R.; Brian, R. (2021): «Adaptation Strategy of Tourism Industry Stakeholders During the COVID-19 Pandemic: A Case Study in Indonesia», *Journal of Asian Financing Economics Business*, 8, 213–223. https://doi.org/10.13106/jafeb.2021.vol8.no4.0213

Laborde, D.; Martin, W.; Swinnen, J.; Vos, R. (2020): «COVID-19 risks to global food security», *Science*, 369, 6503. https://doi.org/10.1126/science.abc4765.

Maxwell, J. (1996): *Qualitative Research Design. An Interactive Approach*, Sage: London.

Morton, J. (2020): «On the susceptibility and vulnerability of agricultural value chains to COVID-19», *World Development*, 136, 105132. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105132.

Mili, S.; Bouhaddane, M. (2021): «Forecasting Global Developments and Challenges in Olive Oil Supply and Demand: A Delphi Survey from Spain», *Agriculture*, 11, 191. https://doi.org/10.3390/agriculture11030191.

OCDE-FAO (2020): *OECD-FAO Agricultural Outlook 2020–2029*, FAO, Rome/OECD Publishing: Paris, France, 2020. https://doi.org/10.1787/1112c23b-en

Pool, J. (1959): *Trends in Content Analysis*, University of Illinois Press: Urbana-Champaign.

Popa, N.; Pop, A.N.; Marian-Potra, A.C.; Cocean, P.; Hognogi, G.G.; David, N.A. (2021): «The Impact of the COVID-19 Pandemic on Independent Creative Activities in Two Large Cities in Romania», *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18, 7674. https://doi.org/10.3390/ijerph18147674.

Rodríguez-Cohard, J.C.; Juste-Carrión, J.J.; Vázquez-Barquero, A. (2020): «Local Development Policies: Evolution and Challenges for Post-COVID-19 Recovering in Spain», *Symphonia. Emerging Issues Management*, 2, 41–4. https://doi.org/10.4468/2020.2.05rodriguez.juste.vazquez

Serbulova, N.; Morgunova, T.; Persiyanova, G. (2020): *Innovations during COVID-19 pandemic: Trends, technologies, prospects*, E3S Web Conf., 210, 02005. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021002005

Toffolutti, V.; Stuckler, D.; McKee, M. (2020): «Is the COVID-19 pandemic turning into a European food crisis?» *European Journal of Public Health*, 30, 626–627. https://doi.org/10.1093/eurpub/ckaa101.

Trump, B.D.; Linkov, I. (2020): «Risk and resilience in the time of the COVID-19 crisis», *Environment Systems and Decisions*, 40, 171–173. https://doi.org/10.1007/s10669-020-09781-0.

Willy, D.K.; Diallo, Y.; Affognon, H.; Nang'ayo, F.; Waithaka, M.; Wossen, T. (2020): *COVID-19 Pandemic in Africa: Impacts on Agriculture and Emerging Policy Responses for Adaptation and Resilience Building*, TAATaat policy compact working paper no. wp01/2020. https://www.farm-d.org/document/covid-19-pandemic-in-africa-impacts-on-agriculture-and-emergingpolicy-responses-for-adaptation-and-resilience-building/ (acceso el 17 de noviembre de 2021).

Zimmerer, K.S.; de Haan, S. (2020): «Informal food chains and agrobiodiversity need strengthening—not weakening—to address food security amidst the COVID-19 crisis in South America», *Food Security*, 12, 891–894. https://doi.org/10.1007/s12571-020-01088-x.

LAS POLÍTICAS PÚBLICAS Y SU CONTRIBUCIÓN A LA PROVISIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS: EL CASO DEL OLIVAR DE MONTAÑA

López-Domínguez, Francisco; Sánchez-Zamora, Pedro; Reina-Usuga, Liliana; Gallardo-Cobos, Rosa. Departamento de Economía Agraria, Finanzas y Contabilidad, ETSIAM Universidad de Córdoba, g52lodof@uco.es

RESUMEN: En esta comunicación se analiza la capacidad que presentan los instrumentos de política contemplados en el Subprograma Temático del Sector del Olivar 2014-2020 para contribuir a la provisión de Servicios Ecosistémicos (SE) por parte del olivar de montaña. Para ello, se recurre a una técnica de análisis multicriterio que permite una valoración holística de las relaciones existentes entre los diferentes elementos objeto de estudio, así como la participación en el mismo de distintos grupos de agentes concernidos en el desarrollo de este agroecosistema (productores, Administración e investigadores). Los resultados obtenidos permiten clasificar los instrumentos de política en función de su capacidad de incidencia sobre la provisión de SE del olivar de montaña (en su conjunto, agrupados e individualmente) y determinar el nivel de provisión de cada SE derivado de la incidencia de los instrumentos analizados. Estos resultados permiten concluir que los instrumentos estudiados poseen capacidad para incidir en la provisión de SE del olivar de montaña y pueden contribuir a la construcción de un marco de conocimiento que de soporte a la toma de decisiones políticas en relación con la provisión de estos SE.

PALABRAS CLAVE: Olivar de montaña, Servicios ecosistémicos, PAC, Desarrollo Rural, ANP.

ABSTRACT: This paper analyses the capacity of the policy instruments included in the *Subprograma Temático del Sector del Olivar 2014-2020* to contribute to the provision of Ecosystem Services (ES) by mountain olive groves. To this end, a multi-criteria analysis technique is used which allows a holistic assessment of the existing relationships between the different elements under study, as well as the participation in the study of different groups of agents involved in the development of this agroecosystem (producers, Administration and researchers). The results obtained make it possible to classify the policy instruments according to their capacity to influence the provision of ES in the mountain olive grove (as a whole, grouped together and individually) and to determine the level of provision of each ES derived from the impact of the instruments analysed. These results allow us to conclude that the instruments studied have the capacity to influence the provision of mountain olive groves ES and can contribute to the construction of a framework of knowledge that supports policy decision-making in relation to the provision of these ES.

KEYWORDS: Mountain olive groves, Ecosystem services, CAP, Rural Development, ANP.

1. INTRODUCCIÓN

El olivar de montaña es un agroecosistema altamente extendido por toda la geografía andaluza, definiendo el paisaje de numerosos territorios rurales y constituyendo un pilar fundamental de su sostenibilidad. Este agroecosistema de alto valor ecológico, ambiental, agrario y cultural cuenta con un marcado carácter multifuncional y fuerte potencial para proveer Servicios Ecosistémicos (SE) en beneficio de la sociedad (Fernández-Habas et al., 2018). Dicha capacidad para proveer SE, es decir, de realizar contribuciones directas e indirectas al bienestar humano (EME, 2011), permite al agroecosistema responder a las nuevas demandas sociales hacia la agricultura y a los nuevos objetivos de la Política Agrícola Común (PAC). Así, tal y como advierten Díaz et al. (2021), el Plan Estratégico de la PAC 2023-2027 abordará entre sus objetivos la biodiversidad y provisión de SE en las explotaciones agrarias.

En este contexto, a fin de contribuir a desarrollar un marco de conocimiento científico que de soporte a la toma de decisiones relativas al diseño de los instrumentos del futuro marco de programación, esta comunicación tiene como objetivo principal analizar, desde el punto de vista de la opinión de diferentes grupos de interés, la capacidad que presentan los instrumentos de política vigentes para contribuir a la provisión de SE por parte del olivar de montaña.

2. METODOLOGÍA

Para alcanzar dicho objetivo se requiere un enfoque de análisis holístico e integrador, capaz de considerar las diferentes relaciones causa-efecto que se producen entre los propios SE y entre éstos y el entorno en que se desenvuelven. Para poder hacerlo de una forma instrumental y práctica, son varios los trabajos que advierten sobre la idoneidad de utilizar técnicas de análisis multicriterio, (Parks y Gowdy, 2013; Schaller et al., 2018). Concretamente, en esta investigación se emplea la técnica Analytical Network Process (ANP), cuyo diseño se sustenta en la integración de los diferentes tipos de interrelaciones existentes entre las partes que componen un sistema: efectos de bucle, retroalimentaciones y compensación entre las partes (Saaty, 2005; Schaller et al., 2018). Las bases metodológicas del ANP se desarrollan completamente en Saaty (2001) y sus resultados están fundamentados en los juicios emitidos por un criterio experto a través de un cuestionario en el que se evalúan por pares las relaciones existentes entre diferentes elementos. El criterio experto del presente caso de estudio está conformado por ocho informantes cualificados con experiencia en la evaluación y diseño de políticas agrícolas pertenecientes a diferentes ámbitos: la Administración, la investigación y la producción olivarera.

La aplicación del ANP ha permitido evaluar las relaciones existentes entre los 12 SE provistos por el olivar de montaña (Tabla 1), clasificados de acuerdo con lo establecido en la EME (2011), y las relaciones existentes entre dichos SE y las cinco alternativas en las que se agrupan los diez instrumentos de política objeto de estudio (Tabla 2). Se trata de los instrumentos que conforman

el Subprograma Temático del Sector del Olivar 2014-2020, en el que se contemplan las operaciones del Programa de Desarrollo Rural 2014-2020 especialmente diseñadas para el sector del olivar, y que han sido agrupados en cinco alternativas en base a los objetivos que éstos persiguen.

Tabla 1. Servicios ecosistémicos del olivar de montaña

Clúster	*Servicio Ecosistémico*
Servicios de abastecimiento	Acervo genético
	Agua dulce
	Alimentos de calidad
Servicios de regulación	Control de la erosión y mejora del suelo
	Regulación hídrica
	Mitigación del cambio climático: Fijación de CO_2
	Mitigación de incendios forestales
	Conservación de la biodiversidad
Servicios socioculturales	Actividades recreativas y ecoturismo.
	Patrimonio cultural
	Fijación de la población al medio y creación de empleo
	Paisaje

Fuente: elaboración propia

Tabla 2. Instrumentos de política estudiados

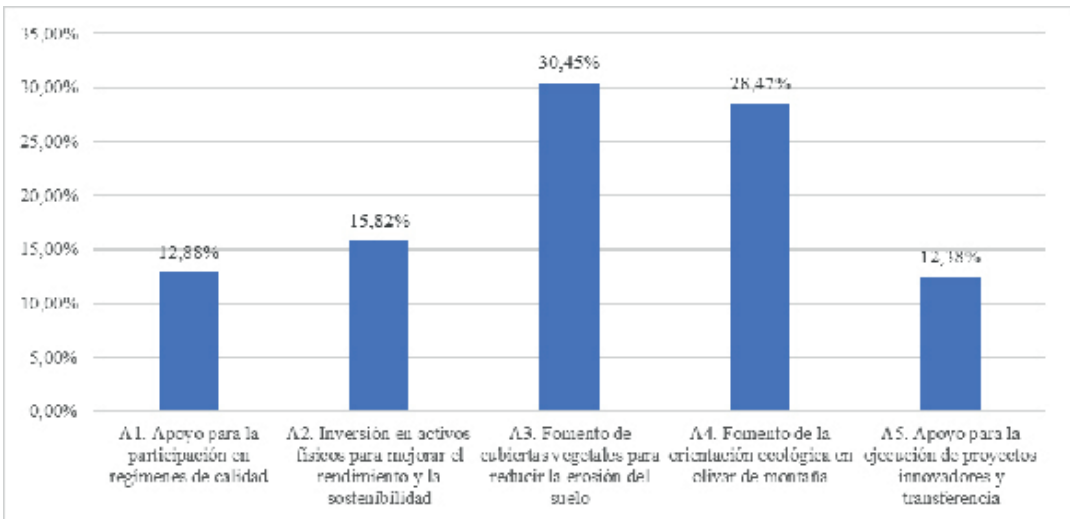
Alternativa	*Operación PDR 2014-2020*
Alternativa 1. Apoyo para la participación en regímenes de calidad	Operación 3.2.3
Alternativa 2. Inversión en activos físicos para mejorar el rendimiento y la sostenibilidad	Operación 4.1.2 Operación 4.2.2
Alternativa 3. Fomento de cubiertas vegetales para reducir la erosión del suelo	Operación 4.4.3. Operación 10.1.7 Operación 10.1.12
Alternativa 4. Fomento de la orientación ecológica en olivar de montaña	Operación 11.1.2 Operación 11.2.2
Alternativa 5. Apoyo para la ejecución de proyectos innovadores y transferencia	Operación 1.2.1. Operación 16.1.3

Fuente: elaboración propia

3. RESULTADOS

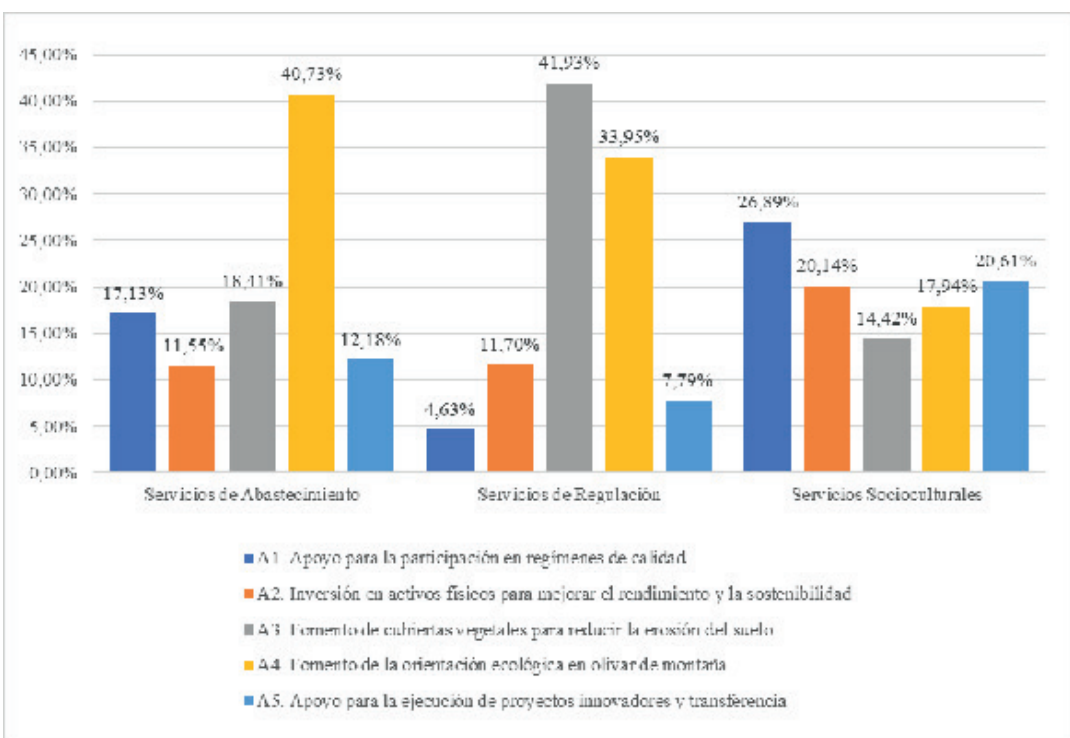
Los resultados relativos a la capacidad de incidencia de los diferentes instrumentos de política estudiados (agrupados en alternativas) sobre la provisión de los SE del olivar de montaña pueden observarse a continuación en la Figura 1, Figura 2 y Figura 3.

Figura 1. Capacidad de influencia de las alternativas en la provisión del conjunto de SE



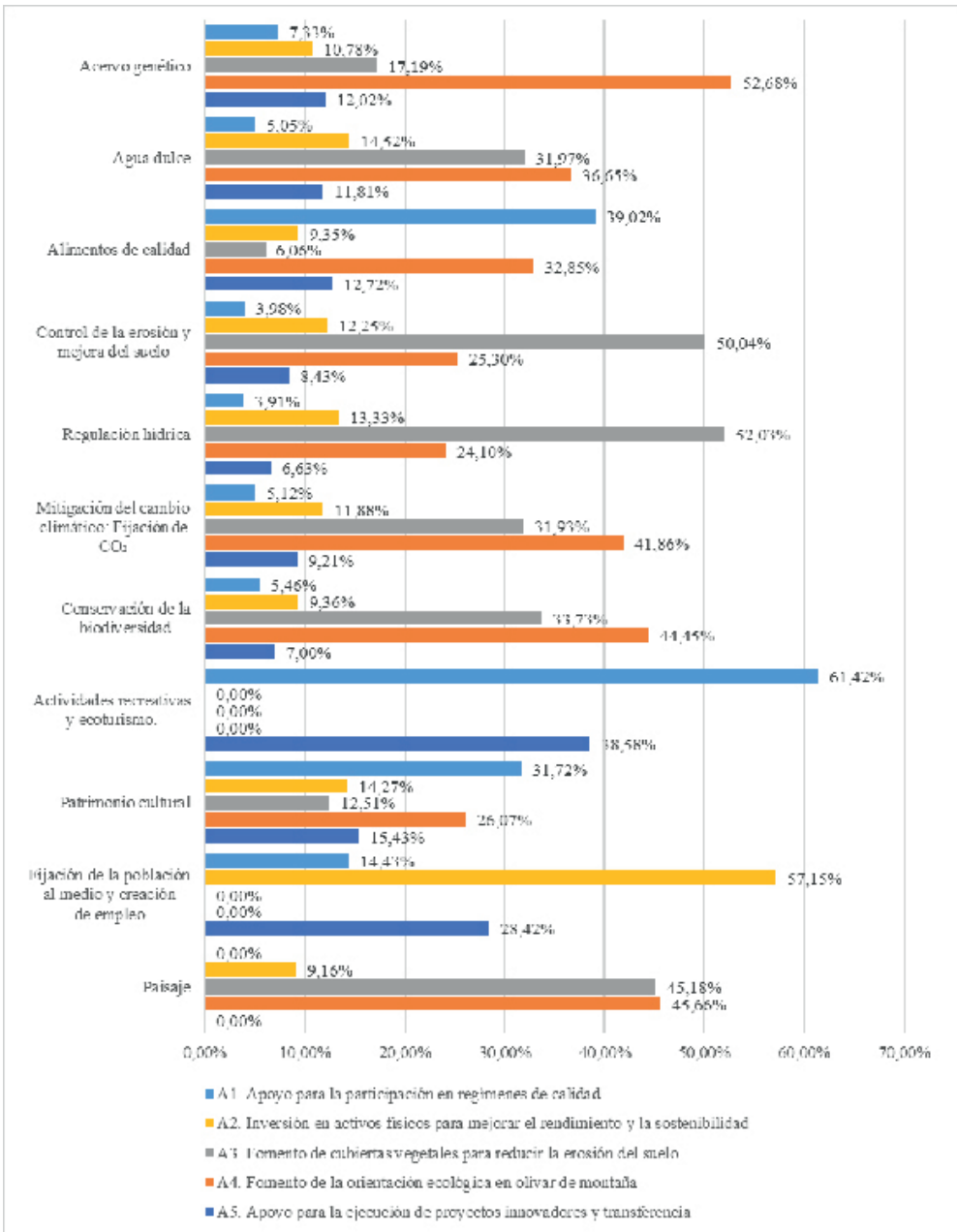
Fuente: elaboración propia

Figura 2. Capacidad de influencia de las alternativas en la provisión de cada clúster de SE



Fuente: elaboración propia

Figura 3. Capacidad de influencia de las alternativas en la provisión de cada SE



Fuente: elaboración propia

Entre estos resultados destaca la alta capacidad de influencia de la Alternativa 3 en la provisión del conjunto de SE, determinada principalmente por su peso relativo en la provisión de los servicios de regulación, especialmente en los SE *regulación hídrica* y *control de la erosión y mejora del suelo*, así como el servicio sociocultural *paisaje*. Asimismo, en la provisión del conjunto de SE también

destaca el peso relativo de la Alternativa 4, relacionado fundamentalmente con la capacidad de influencia que presenta en la provisión de los servicios de abastecimiento y de regulación, siendo la alternativa más eficaz en la provisión de los SE: *acervo genético*; *agua de calidad*; *conservación de la biodiversidad*; *mitigación del cambio climático*; y *paisaje*.

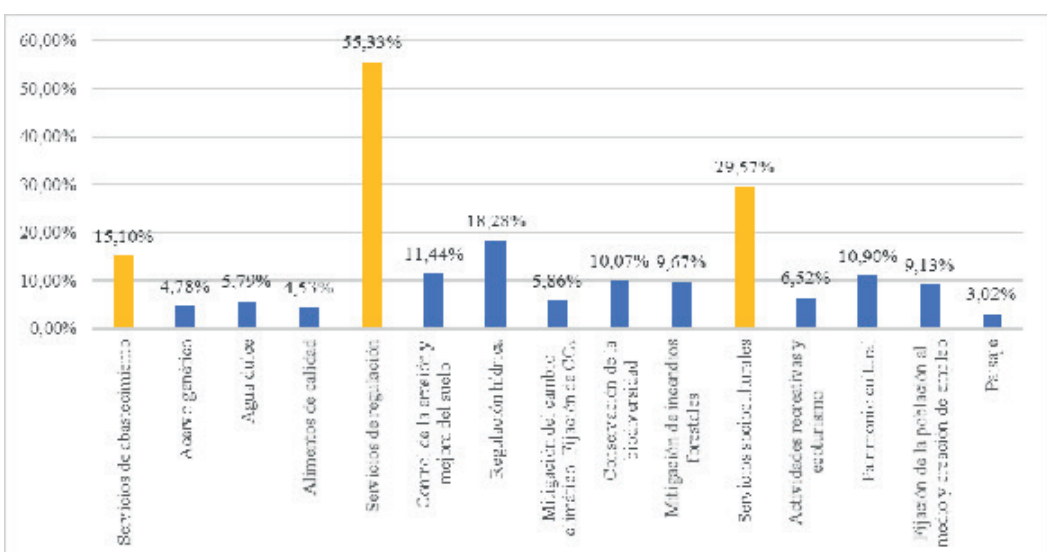
La Alternativa 2 es la tercera con mayor capacidad de incidencia en la provisión del conjunto de SE, predominando en la provisión del SE *fijación de la población al medio y creación de empleo*. Por su parte, la Alternativa 1 es la más eficaz en la provisión del clúster servicios socioculturales, hecho vinculado fundamentalmente al peso relativo que adquiere en la provisión del SE *actividades recreativas y ecoturismo*. Asimismo, esta alternativa también predomina en la provisión del SE *alimentos de calidad*.

La Alternativa 5 es la que cuenta con menor potencial de incidencia sobre la provisión del conjunto de SE, adquiriendo un mayor peso relativo en la provisión de servicios socioculturales y, concretamente, en la de *actividades recreativas y ecoturismo* y en la *fijación de la población al medio y creación de empleo*.

Es destacable, que ninguno de los instrumentos de política considerados posee capacidad de incidencia directa sobre la provisión del SE *mitigación de incendios forestales*.

Finalmente, en la Figura 4, se presenta en términos relativos el nivel de provisión de cada SE como consecuencia de la incidencia de los instrumentos estudiados, destacando los servicios de regulación, especialmente la provisión del SE *regulación hídrica*.

Figura 4. Nivel de provisión de cada SE en base al impacto de los instrumentos de política



Fuente: elaboración propia

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se han identificado los principales SE que provee el olivar de montaña, y se ha valorado la capacidad de influencia que las medidas de política ejercen sobre ellos. En este sentido, se puede concluir que los instrumentos de política vigentes poseen capacidad para incidir en la provisión de SE del olivar de montaña, siendo los más eficaces aquellos vinculados al fomento del empleo de cubiertas vegetales y del manejo ecológico en este agroecosistema. Además, los resultados obtenidos permiten identificar qué medida o grupo de medidas son las más eficaces en la provisión de cada SE. Esta información resulta de vital importancia principalmente por el aporte que realiza en la necesaria búsqueda de la flexibilización de la política para permitir un correcto uso del principio de subsidiariedad, de forma que frente a realidades y problemáticas diferentes se puedan implementar aquellas medidas que mejor respondan a los problemas concretos presentes en cada explotación o territorio. A pesar de los avances realizados en esta investigación, se muestra necesario ahondar en la evaluación de las relaciones existentes entre otros instrumentos de política y la provisión de SE, así como desarrollar indicadores que permitan valorar el nivel de provisión de cada SE y justifiquen objetivamente la ejecución de unas políticas u otras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Díaz, M., Concepción, E. D., Morales, M. B., Alonso, J. C., Azcárate, F. M., Bartomeus, I., Bota, G., Brotons, L., García, D., Giralt, D., Gutiérrez, J. E., López-Bao, J. V., Mañosa, S., Milla, R., Miñarro, M., Navarro, A., Olea, P. P., Palacín, C., Peco, B., … Velado-Alonso, E. (2021): «Environmental objectives of Spanish agriculture: Scientific guidelines for their effective implementation under the Common Agricultural Policy 2023–2030», *Ardeola*, 68, 445– 460

EME, Evaluación de los Ecosistemas del Milenio en España (2011): *Evaluación de los Ecosistemas del Milenio en España. Síntesis de resultados,* Madrid, Fundación Biodiversidad, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Fernández-Habas, J., Sánchez-Zamora, P., Ceña-Delgado, F., y Gallardo-Cobos, R. (2018): «Assessment of ecosystem services provision: The case of mountain olive groves in Los Pedroches, southern Spain», *New Medit,* 16(2), 43-60.

Parks, S., Gowdy, J., (2013): «What have economists learned about valuing nature? A review essay». *Ecosystem Services*, 3, e1–e10.

Saaty T.L. (2001): *The analytic network process: decision making with dependence and feedback*, Pittsburgh, RWS Publications.

Saaty, T.L., (2005): *Theory and Applications of the Analytic Network Process: Decision Making With Benefits, Opportunities, Costs, and Risks*, Pittsburgh, RWS publications.

Schaller, L., Targetti, S., Villanueva, A.J., Zasada, I., Kantelhardt, J., Arriaza, M., Bal, T., Bossi Fedrigotti, V., Giray, F.H., Häfner, K., Majewski, E., Malak-Rawlikowska, A., Nikolov, D., Paoli, J.C., Piorr, A., Rodríguez-Entrena, M., Ungaro, F., Verburg, P.H., Van Zanten, B., Viaggi, D. (2018): «Agricultural landscapes, ecosystem services and regional competitiveness—assessing drivers and mechanisms in nine European case study areas», *Land Use Policy*, 76, 735-745

VALORIZACIÓN DE LODOS Y EFLUENTES DE BALSAS DE ALMAZARA MEDIANTE COMPOSTAJE, EL ÚLTIMO ESLABÓN DE LA BIOECONOMÍA CIRCULAR DEL OLIVAR

Rodríguez-García, Antonio. Cooperativa San Isidro de Loja, S.C.A., tecnico@loxa.es
Romero-Taboada, Esperanza. Estación Experimental del Zaidín, Agencia Estatal del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (EEZ-CSIC), esperanza.romero@eez.csic,es
Camacho-Ballesta, José Antonio. Instituto de Desarrollo Regional, Universidad de Granada, jcamacho@ugr.es
Cifuentes-Urien, Celia. Estación Experimental del Zaidín, Agencia Estatal del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (EEZ-CSIC), celia.cifuentes@eez.csic.es
Nogales-Vargas-Machuca, Rogelio. Estación Experimental del Zaidín, Agencia Estatal del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (EEZ-CSIC), rogelio.nogales@eez.csic.es

RESUMEN: El cultivo del olivar y la agroindustria del aceite de oliva, ejes vertebradores de la actividad socioeconómica de Andalucía, tiene un gran potencial en el desarrollo de la bioeconomia circular, ya que son los principales proveedores de biomasa residual, la cual mediante procesos biotecnológicos, puede ser convertida en nuevos recursos, materiales o bioproductos con valor añadido. El objetivo del estudio fue biotransformar, mediante un proceso biotecnológico de compostaje a escala industrial, los lodos sedimentados de las balsas de evaporación, mezclados con hojas de olivo, en enmiendas o abonos orgánicos para su utilización en agricultura. Para ello, se realizaron dos pilas de gran tamaño constituidas por capas alternas de cada residuo oleícola. Una pila fue regada con agua de pozo y la otra con agua de la balsa de evaporación. El proceso de compostaje se prolongó durante 10 meses, seguido por mes y medio de maduración. El proceso de compostaje fue monitorizado, midiendo periódicamente la temperatura y la actividad deshidrogena en cada pila. Durante el proceso de compostaje se alcanzaron temperaturas >55°C durante más de tres meses, lo cual aseguraría la completa eliminación de microorganismos patógenos de las pilas. La actividad deshidrogenasa mostró una elevada actividad microbiana durante los primeros meses de compostaje y su evolución fue similar a la de la las temperatura. Los composts finales de ambas pilas, que tuvieron una composición similar, fueron materiales orgánicos estables y maduros y con una gran calidad agronómica, cumpliendo con los requisitos exigibles por la legislación española y europea para su comercialización. Actualmente, la Cooperativa San Isidro S.C.A de Loja realiza el proceso biotecnológico diseñado, vendiendo exitosamente el compost obtenido a los agricultores. Ello supone nuevos beneficios económicos para la Cooperativa, en su apuesta innovadora por la implantación de una bioeconomía circular en sus instalaciones.

PALABRAS CLAVE: Lodos de balsas de evaporación, Compostaje, Cambios químicos, Calidad de composts, Bioeconomía circular

ABSTRACT: The olive cultivation and the olive oil agroindustry, backbone of Andalusia's socioeconomic activity, have great potential in the development of the circular bioeconomy, since they are the main suppliers of residual biomass, which through biotechnological processes can be converted into new resources, materials or bioproducts with added value. The objective of the study was to biotransform, through a biotechnological composting process on an industrial scale, the settled sludge from the evaporation ponds, mixed with olive leaves, into amendments or organic fertilizers for use in agriculture. For it, two large piles were made consisting of alternate layers of each olive waste. One pile was irrigated with well water and the other with water from the evaporation pond. The composting process lasted for 10 months, followed by a month and a half of maturation. The composting process was monitored, periodically measuring the temperature and dehydrogenation activity in each pile. During the composting process, temperatures >55°C were reached for more than three months, which would ensure the complete elimination of pathogenic microorganisms from the piles. The dehydrogenase activity showed a high microbial activity during the first months of composting and its evolution was similar to that of the temperature. The final composts of both piles, which had a similar composition, were stable and mature organic materials with high agronomic quality, complying with the requirements of Spanish and European legislation for their commercialization. Nowadays, the San Isidro Agricultural Cooperative in Loja, carries out the developed biotechnological process, successfully selling the compost made to the farmers. This means new economic benefits for the Cooperative, in its innovative project to the implementation of a circular bioeconomy in its facilities.

KEY WORDS: Sludge from evaporation ponds, Composting, Chemical changes, Compost quality, Circular bioeconomy

1. INTRODUCCIÓN

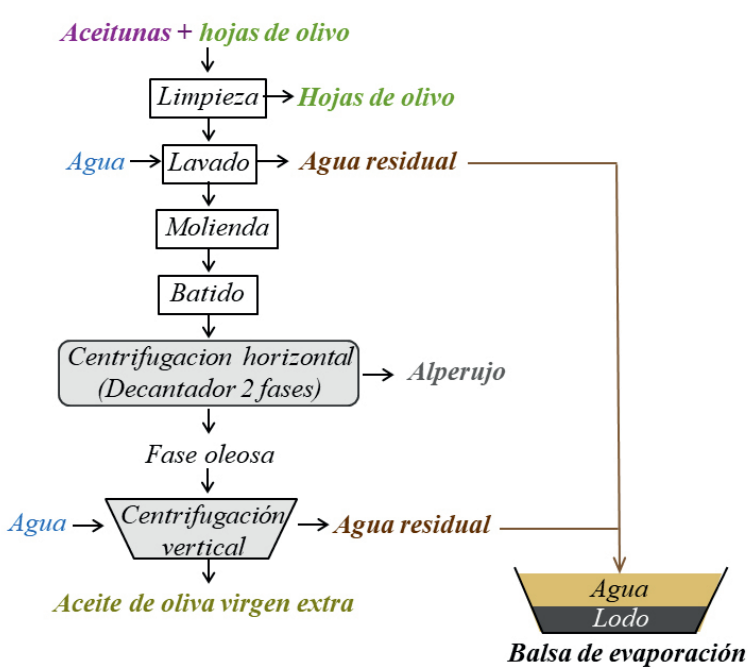
La bioeconomía circular es una nueva forma de producir y consumir con el fin de dar respuesta a los restos sociales y medioambientales y a su vez generar nuevas oportunidades para el desarrollo económico y del empleo. En este sentido, la Estrategia Andaluza de Bioeconomía Circular, aprobada el 18 de septiembre de 2018, es una apuesta de esta Comunidad Autónoma para contribuir a su crecimiento sostenible y competitividad. Esa estrategia se centra en el desarrollo de un conjunto de actividades que conforman los tres segmentos básicos de las cadenas de valor de los bioproductos y residuos, en un marco de la utilización sostenible de los recursos: a) Producción de materia prima biológica o biomasa, que constituye el inicio de las cadenas, b) Procesado tecnológico, incluyendo el reciclado y valorización, que transforme esas materias primas en productos con valor añadido, c: Mercados de consumo de los bioproductos y/o materiales que se produzcan y que fortalezcan las demandas de los sectores agrícolas, ganaderos, acuicultura, industrias biotecnológica, energética, textil, alimentaria, químicas, farmacéutica y cosmética, entre otras.

La agroindustria del olivar es uno de los principales motores económicos de los países de clima mediterráneo. La Unión Europea es el mayor productor de aceite de oliva a nivel mundial (69%),

siendo España, con 1.1-1.7 millones de toneladas de aceite de oliva/año en los últimos cinco años, concentrado mayoritariamente en Andalucía,el mayor productor de la UE (https://es.statista.com/estadisticas/516683/produccion-de-aceite-de-oliva-en-espana/).

En España, la centrifugación en dos fases es el sistema más utilizado para la extracción de aceite de oliva por las almazaras, ya que consume menos agua (hasta un 75%) y energía, y es más rentable, eficiente y sostenible que otros sistemas de extracción. Este sistema genera grandes cantidades de un residuo semisólido denominado orujo húmedo o alperujo (4-6 millones de toneladas/año). Además, este sistema produce cantidades apreciables de efluentes líquidos (alrededor de 0.25 m^3 de agua residual/tonelada de aceituna procesada, Alba 2017) originadas por el lavado inicial de las aceitunas y durante la separación aceite-líquido en las centrífugas verticales para purificar el aceite de oliva. Además, en las almazaras se acumulan grandes cantidades de hojas de olivo como consecuencia de la limpieza inicial de las aceitunas, antes de iniciar el proceso de extracción del aceite. Generalmente, esas aguas, denominadas comúnmente efluentes de almazara, se vierten a balsas de evaporación de diferentes tamaños situadas cerca de las almazaras. Los efluentes contenidos en las balsas de evaporación pueden ser reutilizadas, con restricciones, para riego (<50 m^3/ha/año, Decreto 4/2011 de la Junta de Andalucía). En la figura 1 se expone, esquemáticamente, las etapas del sistema de centrifugación de 2 fases y los residuos oleícolas que se generan.

Figura 1. Etapas del sistema de extracción del aceite de oliva mediante centrifugación de dos fases y residuos oleícolas generados



Fuente: elaboración propia

Sin embargo, el uso continuo de las balsas durante varias campañas oleícolas provoca su colmatación o llenado por una gran cantidad de lodos, derivados de los sólidos en suspensión o disueltos presentes en los efluentes de las almazaras, los cuales sedimentan en el fondo de ellas. Esa colmatación inutiliza las balsas ya existentes y obliga a la construcción de nuevas balsas para recoger los efluentes generados durante nuevas campañas oleícolas, con el consiguiente coste económico, la necesidad de disponer de más espacio y problemas medioambientales para la mayoría de las almazaras. Una alternativa económicamente viable y de fácil gestión es la limpieza periódica de las balsas, retirando los lodos sedimentados, y posteriormente, reutilizar las balsas limpias para recoger nuevos efluentes de almazara. El lodo sedimentado es un material negro semisólido, de olor característico, con alto contenido de materia orgánica y sales, y, además, contiene compuestos potencialmente fitotóxicos, como polifenoles, por lo que no es apto para su aplicación directa al suelo. Sin embargo, los lodos podrían ser utilizados como abonos o enmiendas orgánicas, previa biotransformación, mediante procesos biológicos de bajo coste. La utilización del abono orgánico obtenido y su venta a los productores agrícolas de la zona rentabilizaría el mantenimiento de las balsas de efluentes de la almazara y, además, impulsaría el desarrollo de una bioeconomia circular sostenible en esas agroindustrias oleícolas.

El compostaje es un proceso biotecnológico aeróbico de descomposición y estabilización biológica de residuos orgánicos, en condiciones que permitan el desarrollo de temperaturas termófilas, obteniéndose como producto final –compost-que es un material orgánico estable y maduro, libre de patógenos y semillas, y que puede ser utilizado con fines agrícolas y medioambientales (Haugh, 1993). El proceso de compostaje está mediado por una amplia diversidad de microorganismos (arqueas, bacterias y hongos) que biodegradan y descomponen los residuos orgánicos (Insam y De Bertoldi, 2007). En condiciones óptimas, el proceso de compostaje consta de tres etapas sucesivas, que dependen de la evolución de la temperatura: 1) etapa mesófila, 2) etapa termófila y 3) etapa de enfriamiento. El proceso de compostaje finaliza con la maduración del material precompostado (Chen et al., 2015; Insam y De Bertoldi, 2007). La duración de cada etapa de compostaje y del periodo de maduración depende de la composición inicial y humedad de los residuos orgánicos, el método o sistema de compostaje utilizado, la aireación y la composición cuantitativa y cualitativa de las poblaciones microbianas involucradas en el proceso (Ayilara et al., 2020; Azim et al., 2018). Aunque se han desarrollado y optimizado un gran número de sistemas de compostaje (Gajalakshmi y Abbasi, 2008), el compostaje en pilas o hileras con volteos es el sistema más económico y comúnmente utilizado, a escala industrial, cuando se deben procesar grandes volúmenes de residuos orgánicos (Bachert et al., 2008, Martínez et al., 2003; Vigneswaran et al., 2016). Básicamente, en este sistema los residuos orgánicos se acumulan en pilas o hileras, y la masa orgánica se airea durante las diferentes etapas del compostaje, volteando la pila o hilera para asegurar las condiciones aeróbias del proceso. Además, se debe añadir agua para mantener una humedad óptima que favorezca la actividad microbiana del proceso.

El compostaje es la alternativa más práctica, rentable y sostenible en el mundo para el reciclaje de grandes cantidades de residuos orgánicos. Además, el compostaje se considera una estrategia eficaz en el desarrollo de la bioeconomía circular, en cuanto, a partir de biomasa residual, y mediante el desarrollo de ese proceso biotecnológico, se obtiene bioproductos o materiales con valor añadido (Bottausci et al., 2022; Brandao et al., 2021) Actualmente existe una gran información sobre el uso de ese proceso para obtener productos finales estables y maduros, que pueden ser utilizados como enmiendas orgánicas del suelo, a partir de una gran variedad de residuos orgánicos agrícolas, ganaderos, industriales y urbanos (Onwosi et al., 2017, Sayara et al., 2020). En relación con los residuos producidos por los sistemas de extracción de aceite de oliva, el orujo húmedo o alperujo ha sido exitosamente ensayado, a media y gran escala, en procesos de compostaje, especialmente cuando este residuo se mezclaba con otros residuos orgánicos (Alburquerque et al., 2006, 2009, Tortosa et al., 2012, 2017). Sin embargo, el uso de los lodos procedentes de las balsas de almazara nunca había sido utilizado, previamente, en procesos de compostaje.

En relación a lo anteriormente expuesto, el objetivo del estudio, que formó parte de las actividades del Grupo Operativo de la Junta de Andalucía GOP3I-GR-16-0007 "Agro-innovación circular: valoración integral de residuos para un sector oleícola sostenible", fue biotransformar los lodos sedimentados de las balsas de las almazaras, mezclados con hojas de olivo, mediante un proceso biotecnológico de compostaje desarrollado a escala industrial, que permita, por una parte, obtener abonos o enmiendas orgánicos para su uso en agricultura y por otra recuperar las balsas de las almazaras para el acopio de nuevas aguas generadas durante la extracción del aceite de oliva.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Residuos oleícolas utilizados

El proceso de compostaje se realizó en la Cooperativa Agrícola San Isidro S.C.A ubicada en Loja, provincia de Granada (37.155 N, 4.126 W, 448 msnm). La cooperativa dispone de tres balsas de evaporación, que recogen los efluentes producidos durante la extracción del aceite de oliva en sus instalaciones. En el proceso de compostaje se utilizaron lodos sedimentados de una balsa de evaporación y hojas de olivo de la limpieza de aceitunas producidos por la cooperativa. Además, el efluente de una balsa de evaporación se utilizó para el riego de una de las pilas de compostaje. Algunas características químicas de esos residuos se exponen en la tabla 1.

Tabla 1. Análisis del lodo de balsa, hojas de olivo y agua contenida en la balsa de evaporación utilizados en el proceso de compostaje. Valores medios ± desviación estándar de 5 repeticiones. nd: no determinado

	Lodo de balsa	Hojas de olivo	Agua de balsa
Humedad %	76.1±2.4	6.4±0.5	
pH	5.5±0.1	5.8±0.1	5.8±0.2
Conductividad dS m^{-1}	12.2±0.3	1.6±0.2	5.6±0.3
Carbono orgánico total g kg^{-1}	435±3	513 ±6	3.6±0.4 (mg l^{-1})
Nitrogeno g kg^{-1}	18.5±1	12.6±1	21±3
Polifenoles g kg^{-1}	27.4±1.8	26.1±1.5	0.28±0.01(mg l^{-1})
Fósforo g kg^{-1}	2.9±0.12	1.3±0.05	36±0.02 (mg l^{-1})
Potasio g kg^{-1}	30±1.2	5.8±0.3	664±3 (mg l^{-1})
Indice de germinación%	0	nd	0

Fuente: elaboración propia

2.2 Diseño del proceso de compostaje

El proceso de compostaje se realizó en una parcela cubierta (700 m^2) para evitar la exposición a la lluvia y controlar la cantidad de agua aplicada. Se construyeron dos pilas trapezoidales (2.6 m base mayor, 1.7 m base menor, 1.1 m altura y 15 m longitud), separadas por una distancia de 6 m. Ambas pilas estuvieron constituidas por dos capas de hojas de olivo y dos capas de lodos sedimentados (25 cm de alto por capa), colocadas alternativamente. Posteriormente, cada pila fue recubierta con una fina capa de hojas de olivo. Cada pila contenía 22 toneladas de lodos y 13.8 toneladas de hojas de olivo (35.8 toneladas de residuos oleícolas en total), ocupando una superficie de 39 m^2 y un volumen de 32.3 (Figura 2).

Figura 2. Ubicación de las pilas de compostaje de lodos de balsa mezclado con hojas de olivo bajo cubierta



Fuente: elaboración propia

El proceso de compostaje, incluyendo las etapas mesófila, termófila y de enfriamiento tuvo una duración de 10 meses, hasta que la temperatura de cada pila se había estabilizado y no se observaban recalentamientos de la masa. Durante el proceso de compostaje, las pilas se regaron 48 veces (Figura 3), con el fin de mantener un contenido de humedad óptimo (entre 40-60%). Una pila se regó con agua de pozo y la otra con el efluente de la balsa de evaporación. El agua total añadida a cada pila fue de 12.22 m^3. Los lixiviados que en algún caso fluyen de las pilas no fueron reincorporados a ellas. Para mantener las condiciones óptimas de aireación, las pilas se voltearon 29 veces, (Figura 3), utilizando para ello una pala cargadora, generalmente cuando la temperatura de las pilas comenzaban a descender. Concluido el proceso de compostaje, verificado por la estabilidad de la temperatura y la ausencia de recalentamientos, las pilas se mantuvieron, bajo la cubierta, durante mes y medio días para su maduración. En el periodo de maduración no se aplicó agua y solo se realizó un volteo a las 3 semanas. Finalizado el periodo de maduración, el compost maduro fue cribado a través de malla de 13 mm y almacenado para su venta.

2.3 Medida de la temperatura

Las temperaturas se midieron, con alguna excepción, semanalmente durante el proceso de compostaje y el periodo de maduración, utilizando dos termómetros termopar con sonda de 100 cm de largo. Para obtener un valor medio temporal representativo de la temperatura de cada pila, las temperaturas se midieron en nueve puntos, separados longitudinalmente por 1.5 m, y en dos puntos altitudinales (35 cm y 75 cm), introduciendo la sonda del termopar a 50 y a 100 cm. Por ello, los valores de la temperatura en cada tiempo de determinación fue la media de 36 medidas de temperatura

2.4 Análisis de la actividad deshidrogenasa

La actividad deshidrogenasa se determinó periódicamente al inicio del experimento, mensualmente durante el proceso de compostaje y a mitad y final del periodo de maduración. Para obtener un valor medio temporal representativo de la actividad deshidrogenasa se tomaron muestras orgánicas a 35 y 75 cm en nueve puntos de cada pila. Posteriormente, esas muestras fueron mezcladas y homogenizadas y la muestra compuesta fue guardada herméticamente en bolsa de plástico a 4° C hasta la realización del análisis de la actividad deshidrogenasa. La actividad deshidrogenasa de cada muestra compuesta se analizó, por quintuplicado, mediante la cuantificación espectrofotométrica del iodonitrotetrazolioformazan (INTF) producido después de la reducción de p-iodofenil-3-p-nitrofenil-5-p-feniltetrazolio (INT), según el método descrito por García et al. (1997).

2.5. Análisis químicos y de fitotoxicidad

Los análisis químicos y fitotóxico del material orgánico de cada pila se realizó al inicio del proceso de compostaje (Inicio), al final del proceso-10 meses- (precompost) y al final de la etapa de maduración y posterior tamizado (compost maduro y tamizado). Para ello se tomaron ocho muestras representativas (100g) de cada material, que fueron mezcladas, homogenizadas, secadas

al aire y molidas finamente (< 2 mm),tomándose posteriormente cinco repeticiones, en las que se realizaron los siguientes análisis: a)pH y conductividad, determinado en extracto acuoso (muestra: agua 1:5) mediante medidor para parámetros múltiples de Cyberscan, modelo PCD 6500 (Eutech Instruments), b)Materia orgánica total, por pérdida de peso previa combustión a 540°C en horno de mufla (M.A.P.A, 1986), c)Carbono orgánico total y nitrógeno cuantificado mediante analizador LECO TruSpec CN (LECO Corporation, St. Joseph, EE. UU.), previa combustión de la muestra a 950°C, d) Carbono hidrosoluble analizado mediante agitación de la muestra orgánica con agua destilada (1:10) (p/v) a 60ºC durante 1 hora. El carbono se determinó por oxidación con dicromato potásico en presencia de ácido sulfúrico en bloque digestor (150ºC) durante 30 minutos, midiéndose en espectrofotómetro a una longitud de onda λ=590 nm (Sims y Haby), 1971); e) Polifenoles extraíbles totales determinado mediante extracción de la muestra con solución de acetona y agua acidificada con ácido fórmico y posterior medida, previa adición al extracto del reactivo de Folin-Cicalcteau, en un espectrofotómetro a 755 nm (Julkunen-Tiito 1985) f) Fibra detergente neutra (NDF), fibra detergente ácida (ADF) y lignina detergente ácida (ADL) cuantificada mediante el procedimiento secuencial de Goering y van Soest (1970) utilizando una unidad Ankom220 Fiber Analyzer (AnkomTechnology Corp., Macedonia, NY, EE. UU.). El contenido de hemicelulosa se obtuvo por diferencia entre los contenidos NDF Y ADF. La celulosa se obtuvo por diferencia entre los contenidos ADF y AD; g) Carbono orgánico extraído y ácidos húmicos mediante extracción con solución mezcla de Na2P4O7 0.1M y NaOH0.1M y posterior precipitación de los ácidos húmicos en medio ácido. El carbono de las diferentes fracciones se analizó mediante oxidación ácida con dicromato potásico puro y posterior valoración en espectrofotómetro Shimadzu UV Mod. 684 a una longitud de onda λ= 594 nm (Dabin, 1971). El índice de humificación (IH) se calculó como IH%=100 × ácidos húmicos/carbono orgánico total(Senesi, 1989);i) Análisis elemental: Digestión de las muestras con mezcla NO_3H:ClH (1:3) en digestor Millestone Startd-12T, y posterior determinación de los elementos mediante espectrometría de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente (ICP-OES) modelo Varian ICP720-ES; j) Análisis de fitotoxicidad, mediante la determinación del índice de germinación (IG) descrito por Zucconi et al. (1981) que consiste en incubar semillas de berro (*Lepidium sativum* L.) en extractos de muestra/agua (1:10) en oscuridad a 25 °C durante 24 h. Se usó agua destilada como control. El índice de germinación (IG) se calculó según la fórmula IG = % Germinación x longitud radicular (extracto)/% Germinación x longitud radicular (control) x 100.

2.6 Análisis estadístico

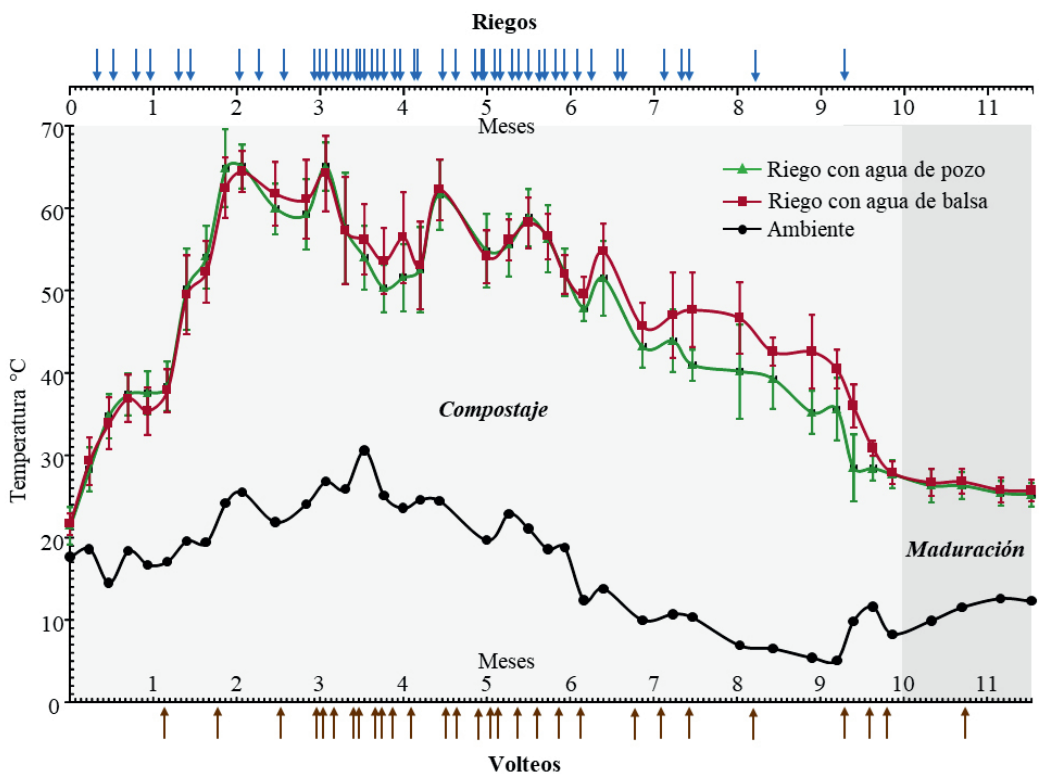
Todos los resultados obtenidos fueron sometidos a un análisis estadístico de la varianza (ANOVA), realizado con el programa informático SPSS 21 (IBM Corp., Armonk, NY, USA), utilizando el test Tukey HSD con un nivel de confianza del 95%, para la diferenciación entre medias. También se realizó un análisis del coeficiente de correlación de Pearson para definir la correlación entre la evolución de la temperatura y la actividad deshidrogenasa.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1.Evolucion de la temperatura durante el proceso de compostaje y la etapa de maduración

La temperatura es el principal parámetro para controlar un proceso de compostaje (Azim et al., 2108). En nuestro estudio, la evolución de la temperatura durante el proceso de compostaje y posterior periodo de maduración fue similar en ambas pilas (Figura 3).

Figura 3.Evolución de la temperatura de las pilas durante el proceso de compostaje y posterior etapa de maduración. Cada valor de temperatura es media de 36 medidas. Las lineas verticales indican las desviaciones de la media. Se incluyen las temperaturas medías ambientales del area donde se localizaron las pilas de compostaje desarrolladas



Fuente: elaboración propia

Inicialmente, las temperaturas aumentaron lentamente y, solo después de un mes del establecimiento de las hileras, las temperaturas alcanzaron 40º C (valor máximo de la etapa mesófila). Posteriormente, la temperatura aumentó rápidamente, observándose temperaturas máximas en ambas pilas entre el segundo y tercer mes desde el inicio del proceso de compostaje, con valores medios máximos de 65.1±2.7° C en la pila regada con agua de pozo y 64.5±2.5° C en la pila regada con agua de balsa. Ello sería indicativo de una intensa actividad microbiana,

consecuencia de una mayor degradación de la materia orgánica contenida en ambas pilas (Sakar et al., 2016). Sin embargo, durante este período, en algunos puntos de las pilas se registraron temperaturas cercanas a 70°C. Según Varma et al (2017), temperaturas superiores a 65 °C podrían inactivar la población microbiana termófila, lo cual reduciría la degradación de los residuos orgánicos contenidos en la pila. Además de ello, esas temperaturas tan elevadas podrían haber favorecido la perdida de nitrogeno contenido en la masa (Azim et al., 2018).

Entre los tres y siete meses, las temperaturas medias de ambas pilas se mantuvieron, con algunas excepciones, por encima de los 55°C. Las fluctuaciones de temperatura registradas durante este período se debieron al gran número de volteos (16) y riegos (29) realizados en ambos pilas, con el fin de mantener sus condiciones óptimas de humedad y aireación. El largo período en el que ambas pilas mantuvieron temperaturas superiores a 55 °C aseguraría la completa eliminación de los microorganismos patógenos presentes en ellas, lo cual implicaría que los composts que se obtuvieran serian materiales completamente higienizados (Reglamento (UE) 2019/1009). Después de siete meses de compostaje, la temperatura de ambas pilas disminuyó apreciablemente (fase de enfriamiento), indicando una reducción de la actividad microbiana, debido a la disminución de la materia orgánica biodegradable (Barthodet al., 2018). Esa reducción fue lenta entre el séptimo y noveno mes de compostaje, en que la temperatura de ambas pilas aún se mantuvo aun, con alguna excepción en condiciones termófilas, observándose temperaturas ligeramente superiores en la pila regada con agua de balsa. El largo período de la fase termófila y del proceso de compostaje, registrado en ambas pilas, también ha sido observado cuando el alperujo, un residuo de la agroindustria del olivar con características parcialmente similares a las del lodo de balsa, ha sido utilizado en compostaje (Alburquerque et al., 2006, 2009, Tortosa et al., 2012, 2017). Las altas concentraciones de polifenoles, con propiedades antimicrobianas, y el alto contenido de lignina, la cual necesita enzimas específicas para su degradación, presente en el alperujo, favorece el desarrollo de procesos de compostaje caracterizado por una larga etapa termófila (Cayuela et al., 2008, 2010). También se observaron altos contenidos de polifenoles y ligninas en la mezcla inicial (Tabla, Figura 5) utilizada en el proceso de compostaje desarrollado, lo que explicaría su larga duración. Posteriormente, entre el noveno y décimo, la disminución de las temperaturas fue muy rápida registrándose temperaturas de 26.7±1.7 °C en la pila regada con agua de pozo y de 26.9 ± 1.9 °C en la pila regada con agua de pozo al final de la etapa de enfriamiento. Durante la etapa de maduración, que se prolongó 45 días, la temperatura se mantuvo estable en ambas pilas (25.7±1,3°C -26.9±1.4°C) pese al volteo realizado a los 23 días. La etapa de maduración es muy importante en los procesos de compostaje ya que en ella se forman la mayoría de las sustancias similares al humus, lo cual aumenta la calidad y estabilidad de los composts obtenidos (Cooperband, 2000; Villar et al., 2016).

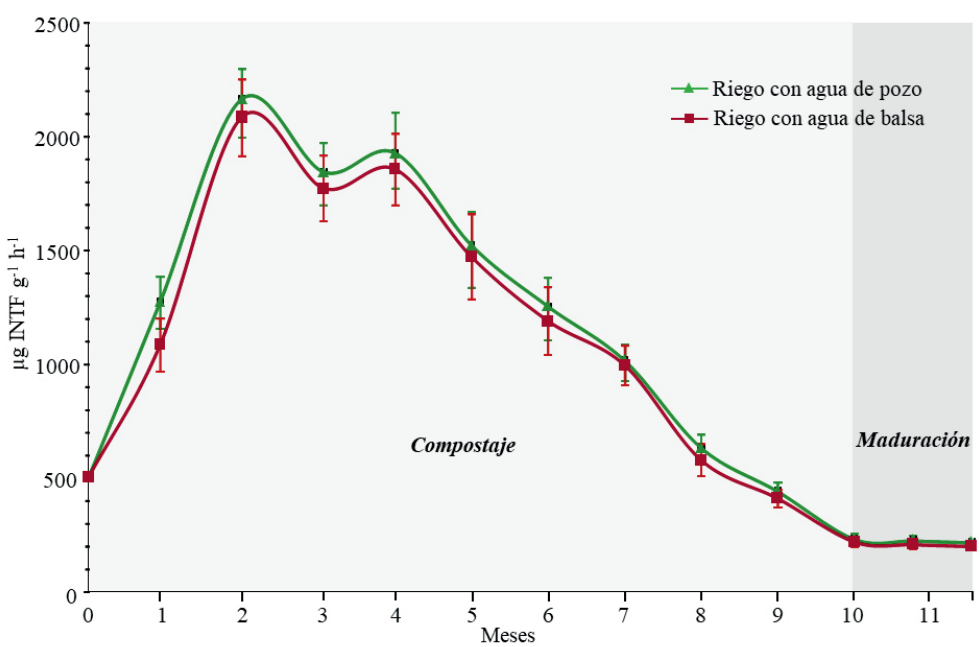
3.2. Evolucion de la actividad deshidrogenasa durante el proceso de compostaje y la etapa de maduración

Los análisis de las actividades enzimáticas han sido utilizados como biomarcadores para la caracterización de la calidad biológica de los suelos y para la evolución de los procesos de

biodegradación de los residuos orgánicos (Tiquia et al., 2002; Nogales et al., 2014). La deshidrogenasa es una enzima intracelular presente en los microorganismos involucrada en la fosforilación oxidativa de los compuestos orgánicos y por ello es utilizada para evaluar, indirectamente, la actividad microbiana durante los procesos de compostaje y vermicompostaje (Barrena et al., 2008; Nogales et al., 2020).

En ambas pilas, la actividad deshidrogenasa aumentó significativamente, coincidiendo con el aumento de la temperatura (Figura 3), durante los dos primeros meses del proceso de compostaje. Los máximos valores fueron de 2164 ± 135 µgINTF g^{-1} h^{-1} en la pila regada con agua de pozo y 2084 ± 169 µgINTF g^{-1} h^{-1} en la pila regada con agua de balsa (Figura 4). Posteriormente, la actividad deshidrogenasa fluctuó entre el segundo y cuarto mes, siendo ella ligeramente mayor en la pila regada con agua de pozo que en la pila regada con agua de balsa. Desde el cuarto mes hasta el final del proceso de compostaje, la actividad deshidrogenasa de ambas pilas, disminuyó apreciablemente y de forma lineal. Al final del proceso de compostaje (10 meses) los valores de la actividad deshidrogenasa fueron de 234 ± 35 µgINTF g^{-1} h^{-1} en la pila regada con agua de pozo y 222 ± 22 µgINTF g^{-1} h^{-1} en la pila regada con agua de balsa. Durante la etapa de maduración, la actividad deshidrogenasa se mantuvo estable en ambas pilas, con valores similares a los registrados al final del proceso de compostaje.

Figura 4. Evolución de la actividad deshidrogenasa de las pilas durante el proceso de compostaje y posterior etapa de maduración. Cada valor de actividad deshidrogenasa es media cinco repeticiones. Las lineas verticales indican las desviaciones de la media.



Fuente: elaboración propia

La evolución de la actividad deshidrogenasa fue similar en ambas pilas y comparable a la observada en otros procesos de compostaje utilizando diferentes residuos orgánicos (Fourti et al., 2013; Kayikçioğlu y Okur, 2011; Vargas-Garcia et al., 2010). El rápido aumento durante los dos primeros meses y los elevados valores registrados de esa actividad enzimática (> 1500 μgINTF g^{-1} h^{-1}) hasta el cuarto mes del proceso de compostaje indicaría que durante ese periodo había tenido lugar una intensa actividad microbiana en ambas pilas. La actividad deshidrogenasa cuantificada habría estado involucrada en numerosas reacciones metabólicas que degradarían apreciablemente la materia orgánica, y a su vez esas reacciones habrían producido energía a partir de la oxidación de la materia orgánica (Castaldi et al., 2008). El descenso de la actividad deshidrogenada desde el cuarto mes pondría de manifiesto una disminución de la actividad microbiana debido, fundamentalmente, a la reducción de los compuestos fácilmente metabolizables contenidos en ambas pilas (Kumar et al., 2008; Nogales et al., 2020). Los bajos valores de esa actividad registrados al final del proceso de compostaje y en la etapa de maduración (<250 μgINTF g^{-1} h^{-1}) corroboraría que durante esos últimos meses del proceso no se estaría produciendo una degradación activa de la materia orgánica contenida en ambas pilas y que los composts obtenidos habrían alcanzado la madurez (Tiquia et al., 2002).

La evolución de la actividad deshidrogenasa se correlacionó positivamente con la evolución de la temperatura en ambas pilas ($r=0.9025$, $p< 0.001$ en la pila regada con agua de pozo y $r=0.8933$, $p< 0.001$ en la pila regada con agua de balsa). Ello pondría de manifiesto que la actividad deshidrogenasa puede ser utilizada como un biomarcador simple, rápido y económico para monitorizar el proceso de compostaje y posterior maduración utilizando lodos de balsa de almazara mezclados con hojas de olivo.

3.3. Cambios de la composición química y de fitoxicidad al final del proceso de compostaje y del periodo de maduración

3.3.1 pH, conductividad, polifenoles y carbono hidrosoluble

Tabla 2. pH, conductividad y contenido de polifenoles y carbono hidrosoluble de los diferentes materiales orgánicos analizados. Valores medios ± desviación estándar de 5 repeticiones. Para cada parámetro, letras distintas indican diferencias significativas entre los diferentes materiales orgánicos analizados ($p<0.05$).

	Inicio	Precompost		Compost maduro	
		Riego agua de pozo	Riego agua de balsa	Riego agua de pozo	Riego agua de balsa
pH	5.8±0.1c	9±0.2b	9±0.10b	9.4±0.2a	9.5±0.2a
Conductividad dS m^{-1}	11.5±0.1a	5.3±0.1b	5.4±0.2b	4.9±0.2b	5.1±0.2b
Polifenoles g kg^{-1}	26.1±0.2a	3.3±0.1b	3.7±0.1b	3±0.1b	3.2±0.1b
C hidrosolouble. g kg^{-1}	67.6±2.9a	55.3±1.6b	55.2±1.3b	41.7±1.3c	44.3±2.5c

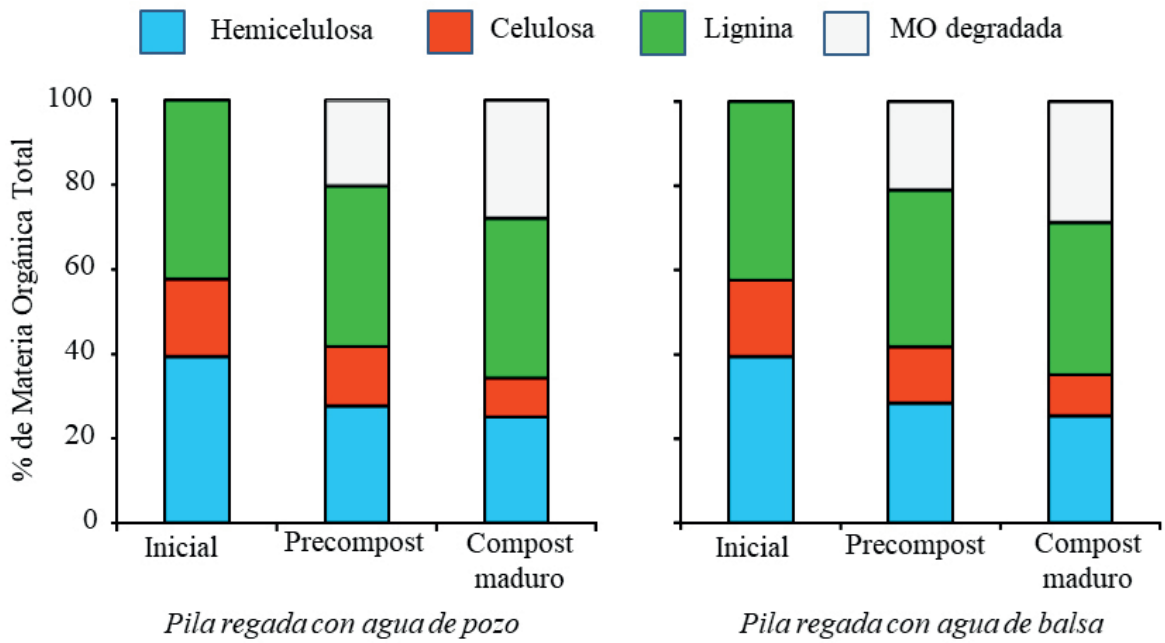
Fuente: elaboración propia

El pH ácido de la mezcla de lodo de balsa y hojas de olivo aumentó significativamente tanto al final del proceso de compostaje como al final del periodo de maduración (Tabla 2), lo que indicaría que el proceso desarrollado se llevó a cabo bajo condiciones óptimas de aireación (Sundberg y Jönsson, 2008). Los composts maduros tuvieron un pH alcalino (> 9), similar al observado en los composts procedentes del alperujo (Cayuela et al., 2006; Tortosa et al., 2012). La conductividad, como medida de la salinidad, disminuyó significativamente durante el proceso de compostaje (Tabla 2), consecuencia de riego de las pilas con agua de pozo o agua de balsa, que favorecería el lavado de las sales del material inicial. Los composts maduros tuvieron una conductividad entre 4.9±0.2 y 5.1±0.2 dS m^{-1}, por lo que podrían ser utilizado en agricultura como abono de la mayoría de los cultivos (Gondek et al., 2020). El proceso de compostaje se mostró muy eficaz para disminuir el contenido de polifenoles de la mezcla de lodo y hojas de olivo, que inicialmente era muy elevada (26.1±0.2 g kg^{-1}) (Tabla 2), lo cual le confería a ese material un elevado potencial fitotóxico. Los composts maduros obtenidos tuvieron niveles de polifenoles (<3.2 g kg^{-1}), lo cual supone una reducción superior al 87%. Baddi et al. (2009) observan disminuciones del 93% del contenido de polifenoles en composts obtenidos a partir de una mezcla de alperujo y paja de trigo. El proceso de compostaje disminuyó el contenido de carbono hidrosoluble de la mezcla de lodo y hojas de olivo (Tabla 2). Esa disminución fue debida a que este tipo de carbono orgánico contiene la fracción de la materia orgánica más fácilmente metabolizable (García et al., 1994) y por tanto es la fracción que se degrada más rápidamente por la acción de los microorganismos. Comparativamente esa disminución fue mayor en aquellos composts que habían madurado durante mes y medio y posteriormente habían sido tamizados.

3.3.2 Materia orgánica total y fracciones lignocelulosicas

El contenido de materia orgánica total de la mezcla inicial fue de 707±12 g kg^{-1}. Porcentualmente esa materia orgánica estaba constituida por hemicelulosa (39%), celulosa (18%) y lignina (43%) (Figura 5). El contenido de materia orgánica disminuyó significativamente al final del proceso de compostaje y posterior maduración, debido a su degradación, hasta valores de 506±11 g kg^{-1} en la pila regada con agua de pozo y 500±8 g kg^{-1} en la pila regada con agua de balsa. Las fracciones lignocelulósicas que más disminuyeron fueron la hemicelulosa (28-30%) y la celulosa (22-27%), mientras que la reducción de la lignina fue significativamente menor (11-12%) (Figura 5). En general los porcentajes de reducción de cada fracción lignocelulósica fueron similares o menores que los observados en otros procesos de compostaje utilizando residuos de olivar (Serramia et al., 2010; Tortosa et al., 2012). Las mayores disminuciones de hemicelulosa y celulosa fueron debido a que ambas fracciones son las primeras en ser utilizadas por los microorganismos como fuente de carbono y energía en los procesos de compostaje (Varma et al., 2017). La lignina es más resistente a la degradación microbiana, constituyendo, además uno de los principales precursores de las sustancias húmicas, por lo que tienen un papel importante en la formación de sustancias húmicas durante el proceso de compostaje (Tuomela et al., 2000).

Figura 5. Porcentajes de hemicelulosa, celulosa, lignina y material orgánica degradada respecto al contenido de materia orgánica total de los diferentes materiales orgánicos analizados. Los valores se presentan como % de la materia orgánica total contenida en cada producto orgánico



Fuente: elaboración propia

3.3.3 Carbono orgánico total, nitrógeno y sustancias húmicas

Al igual que lo observado con la materia orgánica total (Figura 5), el proceso de compostaje disminuyó significativamente el carbono orgánico total de ambas pilas (Tabla 3), disminución que también tuvo lugar durante la etapa de maduración. Al final del proceso biotecnológico desarrollado, la disminución del carbono orgánico total en ambas pilas fue de un 48%. En general, esa disminución, consecuencia de la mineralización de la materia orgánica contenida en las pilas, fue similar a los observados en otros procesos de compostaje utilizando diferentes residuos orgánicos (Azim et al., 2018, Grigatti et al., 2007; Tortosa et al. 2012). La concentración de nitrógeno aumentó durante el proceso de compostaje, aunque durante la etapa de maduración disminuyo hasta valores similares a los registrados en el material inicial.

Tabla 3. Contenido de carbono orgánico total, nitrógeno y sustancias húmicas de los diferentes materiales orgánicos analizados. Valores medios ± desviacion estándar de 5 repeticiones. Para cada parámetro, letras distintas indican diferencias significativas entre los diferentes materiales orgánicos analizados ($p<0.05$).

	Inicio	Precompost		Compost maduro	
		Riego agua de pozo	Riego agua de balsa	Riego agua de pozo	Riego agua de balsa
Carbono orgánico total kg^{-1}	444±2a	304±5b	292±5b	233±13c	219±8c
Nitrogeno g kg^{-1}	16.1±0.2ab	19.3±0.7a	19.3±0.3a	16.6±0.6b	16.4±0.3b
Carbono/Nitrógeno (C/N)	27.4±0.2a	15.7±0.3b	15.1±0.1b	14.1±0.4c	14±0.8c
Carbono extraíble total g kg^{-1}	164±3a	114±4b	119±4b	102±2c	101±1c
Ácidos húmicos g kg^{-1}	55.5±1.5c	69.4±2b	67.7±2b	77.8±2a	79.5±3a
Índice de humificación (IH)%	12.5±0.4c	22.8±0.2b	23.2 ±0.2b	33.1±1.6a	34.7±1.5a
Ácidos húmicos/Ácidos fúlvicos	0.51±0.03c	1.6±0.1b	1.3 ±0.1b	3.1±0.2a	3.6±0.4a

Fuente: elaboración propia

La mezcla de lodo de balsa y hojas de olivo inicial tuvo un contenido de carbono extraíble total (fracción del carbono orgánico total ligada a las sustancias húmicas constituida por ácidos húmicos y ácidos fúlvicos) que fue mayor que en el precomposts o en el compost maduro (Tabla 3). Sin embargo, esos valores hay que tomarlos con precaución ya que la solución de pirofosfato y sosa utilizada para extraer las sustancias húmicas también puede extraer otros componentes orgánicos presentes en el material inicial, como grasas, compuestos orgánicos metabolizables, polifenoles, etc, lo cual aumentaria los valores de carbono extraible total (Benitez et al., 2002; Boyd et al., 1980). En cambio, el proceso de compostaje y la etapa de maduración aumentaron significativamente el contenido de ácidos humicos, que constituye la fraccion mas humificada de un residuo organico biotransformado, implicando que la materia orgánica contenida en la mezcla de lodo y hojas de olivo tendió a humificarse durante el proceso desarrollado (Adani et al., 2013). Debido a ello, el índice de humificación y la relación ácidos húmicos/ácidos fúlvicos, que indica el grado de polimerización de las sustancias húmicas, aumentaron significativamente despues del proceso biotecnológico desarrollado (Tabla 3). Los aumentos del contenido de ácidos húmicos, del índice de humificación y de la relación ácidos húmicos/ácidos fúlvicos, así como la disminución de la relación carbono/nitrógeno (C/N), indicaría que tanto los precomposts y especialmente los compost maduros y tamizados procedentes de ambas pilas presentaron un elevado grado de estabilidad y contendrían compuestos orgánicos resistentes a la degradación microbiana (Senesi y Plaza, 2007).

3.3.4. Composición elemental

Tabla 4. Composición elemental de los diferentes materiales orgánicos analizados. Valores medios ± desviación estándar de 5 repeticiones. Para cada parámetro, letras distintas indican diferencias significativas entre los diferentes materiales orgánicos analizados ($p<0.05$).

	Inicio	Precompost		Compost maduro	
		Riego agua de pozo	Riego agua de balsa	Riego agua de pozo	Riego agua de balsa
Fósforo g kg^{-1}	2.7±0.3	2.6±0.2	2.6±0.2	2.1±0.2	2.1±0. 2
Potasio g kg^{-1}	16.7±0.3b	17.5±1b	19.9±1a	15.6±0.6c	16.7±1b
Calcio g kg^{-1}	55.6±2b	97.1±3a	93.6±2a	87.9±3a	85.8±4a
Magnesio g kg^{-1}	3±0.5b	5.6±0.3a	5.3±0.5a	5.5±0.2a	5.8±0.7a
Sodio g kg^{-1}	1.3±0.1b	1.6±0.2a	1.7±0.2a	1.6±0.1a	1.6±0.2a
Hierro g kg^{-1}	4.5±0.2b	6.6±0.3a	6.8±0.4a	6.3±0.3a	6.9±0.4a
Manganeso mg kg^{-1}	278±7b	340±14a	352±12a	351±9a	362±13a
Cobre mg kg^{-1}	95±1b	114±3a	120±5a	99±4b	89±5b
Zinc mg kg^{-1}	50±2c	67±2a	65±3a	58±3b	55±3b
Níquel mg kg^{-1}	11±0.1b	20±1a	22±1a	19±1a	21±2a
Plomo mg kg^{-1}	3.6±0.2b	5.6±0.6a	5.2±0.4a	5.1±0.4a	5.1±0.5a
Cromo mg kg^{-1}	19±0.6b	34±0.5a	35±0.6a	32±0.3a	30±0.3a

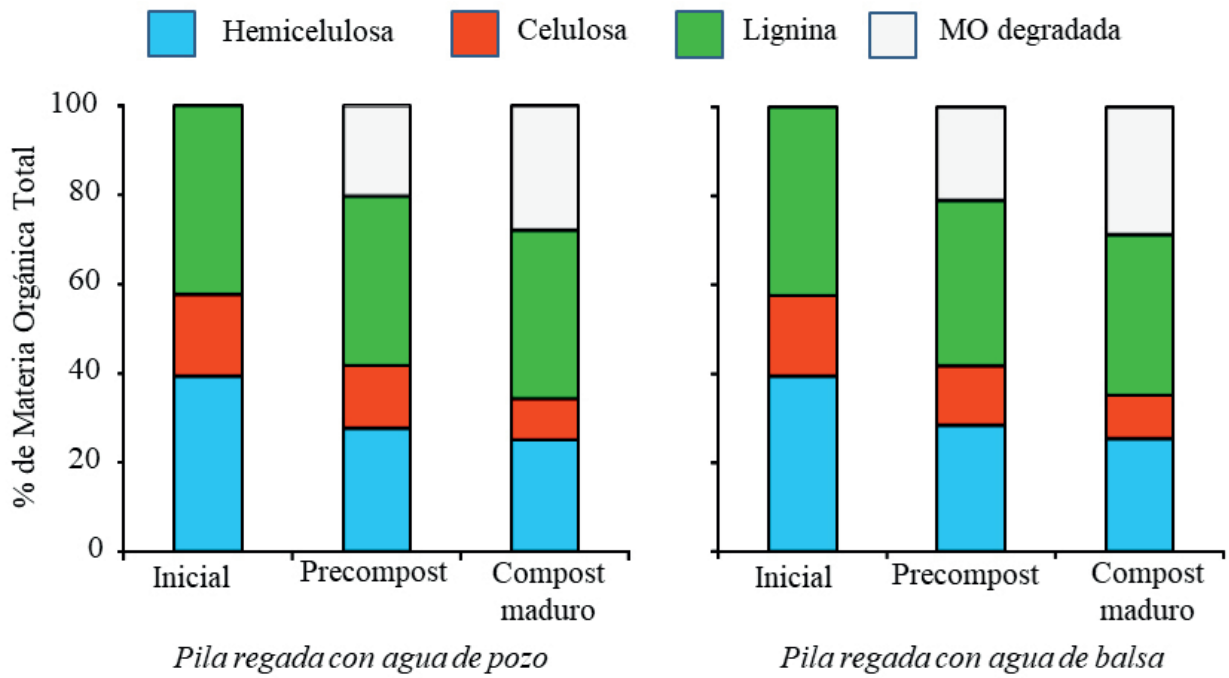
Fuente: elaboración propia

La composición elemental de los composts maduros fue similar, independientemente que ellos se hubieran obtenido de la pila regada con agua de pozo o de la pila regada con agua de balsa (Tabla 4). La concentración de fósforo en la mezcla inicial de lodo de balsa y hojas de olivo inicial fue baja (2.7 g kg^{-1}), hecho característico de los residuos orgánicos generados por la agroindustria del olivar (Alburquerque et al., 2004, Benitez et al., 2000). El proceso de compostaje y posterior maduración disminuyeron ligeramente esa concentración. En cambio, el compostaje aumentó significativamente la concentración de K de ambas pilas, concentraciones que disminuyeron después de la etapa de maduración y posterior tamizado de los composts. En general, la concentración de potasio de los composts maduros fue superior a observada en otros tipos de composts (Siedt et al., 2021), debido a la riqueza de este macronutriente en los residuos generados por la agroindustria del olivar (Alburquerque et al. 2004). Las concentraciones de calcio, magnesio y sodio aumentaron significativamente por el proceso de compostaje, experimentado escasas variaciones por la maduración y tamizado de los precomposts.

El proceso de compostaje aumentó las concentraciones de hierro, manganeso, cobre, zinc, niquel, plomo y cromo debido a un efecto de concentración de esos micronutrientes y metales pesados, inducido por la mineralización de la materia orgánica contenida en la mezcla de lodos y hojas de olivo. La posterior maduración y tamizado de los composts, en general, redujo ligeramente la concentración de esos elementos. No se detectaron por la metodología utilizada (0.025 mg kg^{-1}) concentraciones de cadmio y mercurio.

3.3.5 Análisis de la fitotoxicidad

Figura 6. Índice de germinación de los diferentes materiales orgánicos analizados. Valores medios ± desviación estándar de 5 repeticiones. Las líneas verticales indican las desviaciones estándar de cada media. Letras distintas indican diferencias significativas entre los diferentes materiales orgánicos analizados ($p<0.05$).



Fuente: elaboración propia

El material inicial presentó un índice de germinación de cero por lo que ese material sería muy fitotóxico, inhibiendo la germinación y el crecimiento de las semillas de berro con la que se realizó el test de germinación, lo cual impediría su utilización agrícola directa (Figura 6). Ello fue debido a que la mezcla de lodo de balsa y hojas de olivo presentó una elevada salinidad y un gran contenido en compuestos fitotóxicos, como polifenoles (Tabla 2), características que también son comunes a otros residuos de la agroindustria del olivar (Nogales et al., 2014).

El proceso de compostaje se mostró, al igual que lo observado con otros residuos orgánicos, muy efectivo para eliminar esa fitotoxicidad, ya que los composts obtenidos tuvieron valores de índice de germinación superiores al 70%, porcentaje que aumentó después de la maduración y tamizado de esos materiales. Según Zucconi et al (1981), porcentajes de índice de germinación superiores al 60% indica que los composts obtenidos son enmiendas orgánicas maduras, libres de malas hierbas, y carentes de fitotoxicidad. Comparativamente, el compost maduro obtenido de la pila regada con agua de pozo tuvo un índice de germinación (89±2%) superior significativamente al de la pila regado con agua de balsa (76± 4%). Esa diferencia seria debido a que el agua de la balsa también contiene sales y polifenoles (Tabla 1), lo cual podría haber afectado ligeramente a la, madurez de los composts.

3.4. Adecuación de los composts obtenidos a la legislación española y europea para su uso como enmiendas orgánicas del suelo

Según el Real Decreto 999/2017 (BOE num 296 del 6 de Diciembre del 2017) de la legislación española sobre productos fertilizantes, los composts maduros y tamizados procedentes de la mezcla de lodos de balsa y hojas de olivo se incluirían en el grupo 6 Enmiendas Orgánicas apartado núm. 02 "Enmienda orgánica compost" que es el producto higienizado y estabilizado, obtenido mediante descomposición biológica aeróbica (incluyendo fase termofílica), bajo condiciones controladas, de materiales orgánicos biodegradables del anexo IV, recogidos separadamente Además, los composts obtenidos y debido a su procedencia y parcial similitud se podrían incluir en al apartado num 09 "compost de alperujo" que es el producto obtenido por descomposición biológica y estabilización de la materia orgánica procedente del alperujo, bajo condiciones que permitan un desarrollo de temperaturas termofílicas. Ambos tipos de composts deben cumplir una serie de requisitos para su comercialización. Estos requisitos son entre otros: 1. Contenido mínimo y máximo (porcentaje en masa); 2. Contenido en nutrientes que debe declararse y garantizarse. En la tabla 5 se recogen esos requisitos y la adecuación de los composts maduros y tamizados obtenidos en el presente estudio.

Tabla 5. Adecuación de los compost maduros y tamizados obtenidos a los contenidos mínimos y máximos exigibles y a los contenidos de nutrientes que deben declararse para su comercialización (RD 999/2017). NE: no establecido

	02. Enmienda orgánica Compost	09. Compost de alperujo	Composts maduros y tamizados		
			Riego agua pozo	Riego agua balsa	
	Contenido mínimo y máximo (porcentaje en masa)				
Materia orgánica total %	>35	>45	51±1	50±1	Si
Humedad máxima %	40%	40%	<20	<20	Si
C/N	< 20	< 20	14.1±0.4	14±0.8	Si
Polifenoles %	NE	> 0.80%	0.3±0.01	0.3±0.01	Si
Granulometría	90% partículas <25 mm	NE	100% partículas < 13 mm		Si
	Contenido en nutrientes que debe declararse				
N total (si supera el 1%)	1%	1%	1.7±0.06	1.6±0.03b	Si
P_2O_5 total (si supera el 1%)	1%	1%	0.5±0.03	0.5±0.03	No
K_2O total (si supera el 1%)	1%	1%	1.8±0.11	2.0±0.1	Si
Ácidos húmicos	NE	NE	7.8±0.2	7.9±0.3a	Si

Fuente: elaboración propia

Además de ello, la legislación española señala que los productos fertilizantes elaborados con materias primas de origen animal o vegetal, que deberán aplicarse siguiendo los códigos de buenas prácticas agrícolas, no podrán superar el contenido de metales pesados indicados en la tabla 6, según sea de clase A, B o C. (Real Decreto 506/2013, BOE num 164 del 10 de Julio de 2013, Anexo V). La clase A sería aplicable para la utilización esos productos, si cumplen los requisitos específicos, en la producción ecológica (Reglamento (CE) núm. 889/2008), mientras que en el caso de la clase C, los productos fertilizantes no podrán aplicarse sobre suelos agrícolas en dosis

superiores a cinco toneladas de materia seca por hectárea y año, aunque en zonas de especial protección, las comunidades autónomas modificarán, en su caso, la cantidad anterior. En la tabla 6 se recogen los límites máximos de metales pesados permitidos en las diferentes clases de productos fertilizantes para su uso en agricultura y la adecuación a ellas de los compost maduros y tamizados obtenidos en el presente estudio.

Tabla 6. Límites máximos de metales pesados permitidos en las diferentes clases de productos fertilizantes elaborados con materias primas de origen animal o vegetal para su uso en agricultura (RD 506/2013) y adecuación a ellas de los composts maduros y tamizados. nd: no detectado

	Clase A	Clase B	Clase C	Compost maduros y tamizados	
				Riego agua pozo	Riego agua balsa
Cadmio mg/kg	0.7	2	3	nd	nd
Cobre mg/kg	70	300	400	99±4	89±5
Niquel mg/kg	25	90	100	19±1	21±2
Plomo mg/kg	45	150	200	5.1±0.4	5.1±0.5
Zinc mg/kg	200	500	1000	58±3	55±3
Mercurio mg/kg	0.4	1.5	2.5	nd	nd
Cromo (total) mg/kg	70	250	300	32±0.3	30±0.3

Fuente: elaboración propia

En función de los requerimientos exigibles por la legislación española, los dos composts maduros y tamizados derivados de la mezcla de lodos de balsa y hojas de olivo cumplen con lo especificado para su utilización como enmiendas orgánicas del suelo. Como únicos problemas, desde un punto de vista fertilizante, ambos composts presentaron escasa concentración de P_2O_5 (Tabla 5). Respecto a su contenido en metales pesados, ambos composts se podrían incluir en la Clase A, aunque su concentración de cobre (89±5-99±54 mg kg^{-1}) (Tabla 6) es ligeramente superior a la establecida en ella, lo que podría limitar su uso como enmiendas orgánica del suelo para la producción ecológica. Esa relativa elevada concentración sería debido al uso frecuente de fungicidas cúpricos por los agricultores en el cultivo del olivar para el control de enfermedades fúngicas conocidas comúnmente como "repilos". Sin embargo, las empresas acreditadas por ENAC para certificar la producción ecológica, entienden que el contenido en Cu de esas enmiendas orgánicas tiene su origen en los propios tratamientos fitosanitarios que se realizan en los cultivos, o en los residuos que son empleados para la fabricación de esos composts, por lo que considerando que el cobre no es un agroquímico de síntesis, dichas empresas de certificación autorizan su empleo agrícola en explotaciones agrarias ecológicas.

El nuevo Reglamento (UE) 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019, por el que se establecen disposiciones relativas a la puesta a disposición en el mercado de los productos fertilizantes UE, y cuya aplicación debe iniciarse a partir del 16 de Julio del 2022, incluye, entre las categorías de materiales componentes (CMC) al compost (CMC3). Incluido en los requisitos exigibles, el reglamento señala que para garantizar la correcta higiene y homogeneidad del compost, las temperaturas en función del tiempo del proceso de compostaje tendrán que haber

alcanzado los siguientes valores: a) 70°C o más durante al menos 3 días, o 65°C o más durante al menos 5 días, o 60°C o más durante al menos 7 días o 55°C o más durante al menos 14 días. En el proceso de compostaje desarrollado en nuestro estudio, se alcanzaron esas temperaturas (Figura 2) y su duración fue muy superior a la exigida por el reglamento (>65 °C 14 días; >60 °C 35 días; >55 °C 100 días). Por ello los composts obtenidos cumplirían, además de otros requisitos con las disposiciones indicadas por la UE.

Tabla 7. Límites máximos de metales pesados permitidos en enmiendas orgánicas según el Reglamento UE 2019/1009 y adecuación de los composts maduros y tamizados obtenidos

		Composts maduros y tamizados	
		Riego agua pozo	Riego agua balsa
Cadmio mg/kg	2	nd	nd
Cobre mg/kg	300	99±4	89±5
Niquel mg/kg	50	19±1	21±2
Plomo mg/kg	120	5.1±0.4	5.1±0.5
Zinc mg/kg	800	58±3	55±3
Mercurio mg/kg	1	nd	nd

Fuente: elaboración propia

Respecto a las categorías funcionales de productos (CFP) para los productos fertilizantes UE, los composts maduros serían considerados como enmiendas del suelo (CFP3) entendiendo ese término como un producto fertilizante UE cuya función consista en mantener, mejorar o proteger las propiedades físicas o químicas, la estructura o la actividad biológica del suelo al que se añade. Dentro de esa CFP, ambos composts maduros serían enmienda orgánica CFP3(A), ya que son materiales, en los que el 95% es exclusivamente de origen biológico. Además de ello, la enmienda orgánica debe cumplir una serie de requisitos (entre otros, no superar el contenido de metales pesados especificado en la tabla 7). Los dos composts maduros y tamizados obtenidos no superarían los límites de metales pesados establecidos según el nuevo reglamento de la UE.

4. CONCLUSIONES

El proceso de compostaje en pilas utilizando el sistema de volteos y posterior etapa de maduración desarrollado a escala industrial, y que fue monitorizado mediante medidas de temperatura y actividad deshidrogenasa, es un proceso biotecnológico viable, de bajo coste y sostenible que permite obtener enmiendas orgánicas del suelo. Mediante ese proceso se valorizaron los lodos y las aguas de las balsas de evaporación que contienen los efluentes de las almazaras, así como las hojas de olivo generados durante la cadena de producción del aceite de oliva, transformando esa biomasa residual oleícola en nuevos recursos biológicos con valor añadido. Los composts obtenidos fueron materiales orgánicos estables y maduros y con una gran calidad agronómica, cumpliendo con los requisitos exigibles por la legislación española y europea para su comercialización. Además, la utilización de los lodos y las aguas permite la limpieza

periódica de las balsas, posibilitando su reutilización para recoger nuevos efluentes producidos durante la extracción del aceite de oliva. Ello es de especial interés ya que no solo se reutilizan residuos oleícolas en un proceso de bioeconomía circular, sino porque la gestión adecuada de esos residuos implica además la reducción de los volúmenes almacenados, sólidos y líquidos, en las balsas de almazaras, disminuyendo los riesgos de rotura, de accidentes ambientales, de costes derivados de la protección ambiental, etc. Actualmente, la Cooperativa San Isidro S.C.A de Loja, que ha sido pionera en este proceso biotecnológico, lo realiza exitosamente y comercializa los composts obtenidos mediante su venta a los agricultores del poniente granadino. Ello supone nuevos beneficios económicos para la Cooperativa, además de los tradicionales generados por la comercialización de aceite de oliva y espárragos, en su apuesta innovadora por la implantación de una bioeconomía circular en sus instalaciones.

5. AGRADECIMIENTOS

Estudio financiado por la Junta de Andalucía (Fondos FEADER), Grupos Operativos de la Asociación Europea de Innovación (AEI) en materia de productividad y sostenibilidad Agrícolas en el sector del olivar, GOP3I-GR-16-0007.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adani, F., Genevini, P.L., Gasperi, F., Tambone F. (2013): «Composting and humification», *Compost Science & Utilization*, 7, 24-33, doi: 10.1080/1065657X.1999.10701949.

Alba, J., Hidalgo, F.J., Ruiz, M.A., Martínez, F., Moyano, M.J., Borja, R., Graciani, E., Ruiz, M.V. (2001):«Elaboración de aceite de oliva virgen», En Barranco, D., Fernández-Escobar, R., Rallo, L. (eds.), *El Cultivo del Olivo*, Mundi-Prensa, Madrid, 551-588.

Alburquerque J.A., Gonzalvez J, Garcıa D, Cegarra J (2004): «Agrochemical characterisation of "alperujo", a solid byproductof the two-phase centrifugation method for olive oil extraction», *Bioresource Technology*, 91, 195–200, doi: 10.1016/S0960-8524(03)00177-9.

Alburquerque, J.A., Gonzálvez, J., García, D., Cegarra, J. (2006): «Composting of a solid olive-mill by-product ("alperujo") and the potential of the resulting compost for cultivating pepper under commercial conditions», *Waste Management* 26, 620-626, doi: 10.1016/j.wasman.2005.04.008.

Alburquerque J.A., Gonzalvez, J., Tortosa, G., Baddi, G.A., Cegarra, J. (2009): «Evaluation of "alperujo" composting based on organic matter degradation, humification and compost quality», *Biodegradation* , 20, 257–270, doi: 10.1007/s10532-008-9218-y.

Ayilara, M.S., Olanrewaju, O.S., Babalola, O.O., Odeyemi, O. (2020): «Waste Management through Composting: Challenges and Potentials», *Sustainability* 12, 4456, doi: 10.3390/su12114456.

Azim K., Soudi B., Boukhari, S., Perissol C., Roussos S., Alami T. (2018): «Composting parameters and compost quality: A literature review», *Organic Agriculture* 8, 141–158, doi 10.1007/s13165-017-0180-z.

Bachert, C., Bidlingmaier, W., Wattanachira, S. (2008): *Open windrow composting manual*, Orbit e.V. Weimer, Germany, ISBN: 3-935974-23-X.

Baddi, G.A., Cegarra, J., Merlina, G., Revel,J.C., Hafidi, M. (2009):«Qualitative and quantitative evolution of polyphenolic compounds during composting of an olive-mill waste-wheat straw mixture», *Journal of Hazardous Materials*, 165, 1119-23, doi: 10.1016/j.jhazmat.2008.10.102.

Barrena, R., Vazquez, F., Sánchez, A. (2008): «Dehydrogenase activity as a method for monitoring the composting process», *Bioresource Technology* 99, 905-908, doi: 10.1016/j.biortech.2007.01.027.

Barthod, J., Rumpel, C., Dignac, M-F. (2018): «Composting with additives to improve organic amendments. A review», *Agronomy for Sustainable Development*, 38, 17, doi.org/10.1007/s13593-018-0491-9.

Benítez, E., Melgar, R., Sainz, H., Gomez, M., Nogales, R. (2000): « Enzyme activities in the rhizosphere of pepper (*Capsicum annuum*, L.) grow n with olive cake mulches», *Soil Biology & Biochemistry*, 32, 1829–1835, doi: 10.1016/S0038-0717(00)00156-5.

Benítez E., Saínz H., Melgar R., Nogales, R. (2002):«Vermicomposting of a lignocellulosic waste from olive oil industry: a pilot scale study», *Waste Management & Research*, 20, 134-142, doi:10.1177/0734242X0202000205.

Bottausci, S., Midence, R., Serrano-Bernardo, F., Bonoli, A. (2022) «Organic Waste Management and Circular Bioeconomy: A Literature Review Comparison between Latin America and the European Union», *Sustainability* 14, 1661, doi: 10.3390/su14031661.

Boyd S.A., Sommers, L.E., Nelson, D.W, (1980): « Changes in the humic acid fraction of soil resulting from sludge application», *Soil Science Society American Journal*, 44, 1179–1186, doi: 10.2136/sssaj1980.03615995004400060009x.

Brandao, A.S., Gonçalves, A., Santos, J.M.R.C.A. (2021): «Circular bioeconomy strategies: From scientific research to commercially viable products», *Journal of Cleaner Production*, 295, 126407, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.126407.

Castaldi, P., Alberti, G., Merella, R., Melis, P. (2005): «Study of the organic matter evolution during municipal solid waste composting aimed at identifying suitable parameters for the evaluation of compost maturity», *Waste Management*, *25*, 209-213, doi:10.1016/j.wasman.2004.12.011.

Cayuela, M.L., Sánchez-Monedero, M.A., Roig, A. (2006): «Evaluation of two different aeration systems for composting two-phase olive mill wastes», *Process Biochemistry*, 41, 616–623, doi:10.1016/j.procbio.2005.08.007.

Cayuela, M.L., Mondini, C., Sánchez-Monedero, M.A., Roig, A. (2008): «Chemical properties and hydrolytic enzyme activities for the characterization of two-phase olive mill waste composting», *Bioesource Technology*, 99, 4255–4262, doi:10.1016/j.biortech.2007.08.057.

Cayuela, M.L., Sánchez-Monedero, M.A., Roig, A. (2010): «Two-phase olive mill waste composting: enhancement of the composting rate and compost quality by grape stalks addition», *Biodegradation*, 21:465–47, doi: 10.1007/s10532-009-9316-5.

Chen, R., Wang, Y., Wang, W., Wei, S., Jing, Z., Lin, X. (2015): «N_2O emissions and nitrogen transformation during windrow composting of diary manure», *Journal Environmental Management*, 160, 121-127, doi: 10.1016/j.jenvman.2015.06.021.

Cooperband, L. R. (2000): «Composting: Art and Science of Organic Waste Conversion to a Valuable Soil Resource», Laboratory Medicine, 31, 283–290, doi: 10.1309/W286-LQF1-R2M2-1WNT

Decreto 4/201de la Junta de Andalucía, de 11 de enero, por el que se regula el régimen del uso de efluentes de extracción de almazara como fertilizante agrícola,<https://www.juntadeandalucia.es/boja/2011/14/1> (consulta: 9/3/2022).

Dabin, B. (1971): «Etuded`uneméthoded`extraction de la matièrehumique du sol», *Science du Sol* 1, 47-63.

Fourti, O. (2013): «The maturity tests during the composting of municipal solid wastes», *Resources, Conservation and Recycling*, 72, 43–49, doi: 10.1016/j.resconrec.2012.12.00.

Gajalakshmi,S. Abbasi, S.A. (2008): «Solid Waste Management by Composting: State of the Art», *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 38, 311–400, doi: 10.1080/10643380701413633.

García, C., Hernández, M.T., Costa, F., Ceccanti, B. (1994) «Biochemical parameters in soils regenerated by addition of organic wastes». *Waste Management and Research,* 12, 457-466. doi: 10.1177/0734242X9401200602.

Garcia, C., Hernández, M.T., Costa, F. (1997) «Potential use of dehydrogenase activity as an index of microbial activity in degraded soils», *Communications in Soil Science and Plant Nutrition* 28, 123–134, doi: 10.1080/00103629709369777.

Goering, H. , Van Soest, P. (1970): «*Forage ceber analysis (apparatus reagents procedure and some applications)*», Agriculture Handbook 379, USDA-ARS, Washington, 20 p.

Gondek , M., Weindorf , D.C., Thiel, C., Kleinheinz, G. (2020): «Soluble Salts in Compost and Their Effects on Soil and Plants: A Review», *Compost Science & Utilization*, 28, 59-75, doi: 10.1080/1065657X.2020.1772906.

Grigatti, M., Cavani, L., Ciavatta, C. (2007): «A multivariate approach to the study of the composting process by means of analytical electrofocusing», *Waste Management*, 27, 1072-1082, doi: 10.1016/j.wasman.2006.05.011.

Haug, R. (1993). *The Practical Handbook of Compost Engineering*, Lewis Publishers, Boca Raton, USA 752 p., ISBN 13: 9780873713733.

Insam, H., de Bertoldi, M. (2007): «Microbiology of the Composting Process». *Waste Management Series*, 8, 25-48, doi: 10.1016/S1478-7482(07)80006-6.

JulkunenTiito, R. (1985): « Phenolics constituents in the leaves of northern willows: methods from the analisis of certain phenolics», *Journal of Agricultural Food & Chemistry*, 33, 213-217, doi: 10.1021/jf00062a013.

Kayikçioğlu, H. H., Okur, N. (2011): «Evolution of enzyme activities during composting of tobacco waste», *Waste Management & Research*, *29*, 1124-1133, doi: 10.1177/0734242X10392813.

Kumar, A., Gaind, S., Nain, L. (2008): « Evaluation of thermophilic fungal consortium for paddy straw composting», *Biodegradation,* 19, 395–402, doi: 10.1007/s10532-007-9145-3.

M.A.P.A. (1986): *Métodos oficiales de análisis. Tomo III. Plantas, productos orgánicos, fertilizantes, suelos, agua, productos fitosanitarios y fertilizantes orgánicos,* Publicaciones del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, 532 p., ISBN: 978-84-491-0003-1.

Martinez, F., Calero, B., Nogales, R., Rovesti, L. (2003): *Lombricultura. Manual práctico,* Unidad de Producciones Gráficas Minrex, La Habana, Cuba, 99 p., https://www.researchgate.net/publication/317249017_Lombricultura_Manual_practico.

Nogales, R., Romero, E., Fernández-Gómez, M.J. (2014): *Vermicompostaje: procesos, productos y aplicaciones*, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 172 p., ISBN: 9788484766933.

Nogales, R., Fernández-Gómez, M.J., Delgado-Moreno, L., Castillo-Díaz, J.M., Romero, E. (2020): « Eco-friendly vermitechnological winery waste management: a pilot scale study», *SN Applied Science*, 2, 654, doi: 10.1007/s42452-020-2455-3.

Onwosi, Ch.O., Igbokwe, V.C., Odimba, J.N., Eke, I.E., Nwankwoala, M.O., Iroh, I.N., Ezeogu, L.I. (2017): «Composting technology in waste stabilization: On the methods, challenges and future prospects», *Journal of Environmental Management*, 190, 140-157, doi: 10.1016/j.jenvman.2016.12.051.

Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes. <https://www.boe.es/buscar/pdf/2013/BOE-A-2013-7540-consolidado.pdf> (consulta: 7/3/2022).

Real Decreto 999/2017, de 24 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes, <https://www.boe.es/eli/es/rd/2017/11/24/999/dof/spa/pdf> (consulta: 9/3/2022).

Reglamento (UE) 2019/1009). Reglamento (UE) 2019/1009) del parlamento europeo y del consejo de 5 de junio de 2019 por el que se establecen disposiciones relativas a la puesta a disposición en el mercado de los productos fertilizantes UE y se modifican los Reglamentos (CE) numero 1069/2009 y (CE) numero 1107/2009 y se deroga el Reglamento (CE) numero 2003/2003. <https://www.boe.es/doue/2019/170/L00001-00114.pdf> (consulta: 15/3/2022).

Sayara, T., Basheer-Salimia, R., Hawamde, F., Sánchez, A. (2020): «Recycling of Organic Wastes through Composting: Process Performance and Compost Application in Agriculture», *Agronomy*, 10, 1838, doi:10.3390/agronomy10111838

Senesi, N. (1989): «Composted materials as organic fertilizers», *Science of Total Environment*, 81, 521–542, doi: 10.1016/0048-9697(89)90161-7.

Senesi, N., Plaza, C, (2007): «Role of humification processes in recycling organic wastes of various nature and sources as soil amendments», *Clean*, 35, 26–41, doi: 10.1002/clen.20060 0018.

Serramia, N., Sánchez-Monedero, M.A., Fernández-Hernández, A., García-Ortiz Civantos, C., Roig, A. (2010): «Contribution of the lignocellulosic fraction of two-phase olive-mill wastes to the degradation and humification of the organic matter during composting», *Waste Management*, 30 1939–194, doi: 10.1016/j.wasman.2010.04.031.

Sims, J.R., Haby, V.A. (1971):«Simplified colorimetric determination of soil organic matter. Soil Science, 112,137–141», doi: 10.1097/00010 694-19710 8000-00007

Siedt, M., Schäffer, A., Smith, K.E.C., Nabel, M., Roß-Nickoll, M., van Dongen, J.T. (2021): « Comparing straw, compost, and biochar regarding their suitability as agricultural soil amendments to affect soil structure, nutrient leaching, microbial communities, and the fate of pesticides», *Science of the Total Environment*, 751, 141607, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.141607.

Sundberg, C., Jönsson, H. (2008): « Higher pH and faster decomposition in biowaste composting by increased aeration», *Waste Management*, 28, 518-526, doi:10.1016/j.wasman.2007.01.011.

Tiquia, S.M., Wan, J.H.C., Tam, N.F.Y. (2002): «Microbial population dynamics and enzyme activities during composting». *Compost Science & Utilization*, 10, 150–161, doi: 10.1080/1065657X.2002.10702075.

Tortosa G., Alburquerque J.A., Ait-Baddi G., Cegarra J. (2012): «The production of commercial organic amendments and fertilisers by composting of two-phase olive mill waste ("alperujo")», *Journal of Cleaner Production*, 26, 48-55, doi: 10.1016/j.jclepro.2011.12.008.

Tortosa, G., Castellano-Hinojosa, A., Correa-Galeote, D., Bedmar, E.J. (2017): «Evolution of bacterial diversity during two-phase olive mill waste ("alperujo") composting by 16S rRNA gene pyrosequencing», *Bioresource Technology*, 224, 101–111, doi: 10.1016/j.biortech.2016.11.098.

Tuomela, M., Vikman, M., Hatakka, A., Itavaara, M. (2000): «Biodegradation of lignin in a compost environment: a review», *Bioresource Technology*, 72, 169-183, doi: 10.1016/S0960-8524(99)00104-2.

Vargas-Garcia, M. C., Suárez-Estrella, F., Lopez, M. J., Moreno, J. (2010): «Microbialpopulation dynamics and enzyme activities in composting processes with different starting materials», *Waste Management*, 30, 771-778, doi: 10.1016/j.wasman.2009.12.019.

Varma, V.S., Das, S., Sastri, C.V., Kaladhad, A.S. (2017): « Microbial degradation of lignocellulosic fractions during drum composting of mixed organic waste», *Sustainable Environment Research*, 27, 265-272,doi: 10.1016/j.serj.2017.05.004.

Vigneswaran, S., Kandasamy, J., Johir, M.A.H. (2016): «Sustainable Operation of Composting in Solid Waste Management», *Procedia Environmental Sciences* 35, 408-415, doi: 10.1016/j.proenv.2016.07.022.

Villar, I., Alves, D., Garrido, J., Mato, S. (2016): «Evolution of microbial dynamics during the maturation phase of the composting of different types of waste», *Waste management*, 54, 83-92, doi: 10.1016/j.wasman.2016.05.011.

Zucconi, F., Forte, M., Monaco, A., De Bertoldi, M. (1981): «Biological evaluation of compost maturity», *BioCycle*, 22, 27–29.

CONCENTRACIONES DE ZN EN SUELOS, HOJA Y SAVIA DE OLIVO: APROXIMACIÓN A UNA NUEVA TÉCNICA DE DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL

Pérez Caba, Bárbara. Dpto. Edafología y Química Agrícola. Universidad de Granada, barbaragrana@hotmail.com
Nieto Carricondo, Juana. Fundación Caja Rural de Jaén. Olivarum, juana.laboratorio@fundacioncrj.es
Fernández Ondoño, Emilia. Dpto. Edafología y Química Agrícola. Universidad de Granada, efernand@ugr.es
Segura Quirante, Carmen. Dpto. Edafología y Química Agrícola. Universidad de Granada, actualmente en Department of Sustainable Agricultural Sciences, Rothamsted Research-North Wyke, carmen.segura-quirante@rothamsted.ac.uk

RESUMEN: El análisis de nutrientes en savia permite ajustar de forma eficiente el abonado y contribuir a la calidad ambiental y los manejos respetuosos con la misma como la producción integrada en olivar. Analizar de forma combinada los nutrientes en hoja, suelo y savia aporta resultados robustos sobre los cambios relacionados con la fenología, los efectos climáticos y la eficiencia de las aplicaciones de fertilizantes.

El zinc (Zn) es un micronutriente esencial para las plantas, pero puede ser tóxico si se aplica en exceso. A pesar de esto, son pocos los trabajos sobre este elemento en olivar, probablemente porque no se han detectado importantes deficiencias del mismo hasta ahora.

Este trabajo se ha desarrollado en seis fincas de olivos bajo riego y producción integrada ubicadas en Córdoba, Granada, Jaén y Sevilla con dos variedades de olivo, picual y hojiblanca. Se analizaron durante 19 meses consecutivos la concentración de Zn en hojas de olivo del año, en suelos del bulbo húmedo y en savia circulante extraída mediante presión en una cámara Scholander modificada.

Las concentraciones de Zn en suelo oscilaron entre 0,5 a 5 ppm con grandes variaciones entre explotaciones y años, debido al clima fundamentalmente. La mayor parte de las muestras de hojas analizadas mostraron una concentración de Zn comprendida entre 10 y 20 ppm. En ningún caso, a excepción de Dílar, se registraron valores inferiores a 10 ppm en el mes de julio, valor considerado como crítico para la deficiencia de Zn. En savia las concentraciones de Zn fueron mucho más bajas y solo en casos puntuales superaron la concentración de 0,1 ppm. Estos resultados parecen indicar que valores comprendidos entre 0,05 y 0,1 ppm en savia son normales en árboles sin deficiencias para este elemento.

PALABRAS CLAVE: Olivar, Zinc, Savia, Estado nutricional

ABSTRACT: The analysis of nutrient composition in xylem sap allows efficient adjustment of fertilisation and contributes to environmental quality and friendly environmental management such as the integrated production in olive orchards. Combined analysis of nutrient composition in leaf, soil and xylem sap can provide robust information on changes related to phenology, climatic effects and the efficiency of fertiliser applications. Zinc (Zn) is an essential micronutrient for plants but can be toxic if it is applied in excess. However, few studies have been focused on this element in olive orchards, probably because significant Zn deficiencies have not been detected yet. This study was carried out in six irrigated olive farms under integrated production in Cordoba, Granada, Jaén and Seville with two olive tree varietals, Picual and Hojiblanca. Over 19 consecutive months, Zn concentrations were analysed in one-year-old olive leaves, in soils from the wet-bulb and in circulating xylem sap extracted using a modified Scholander chamber. Soil Zn concentrations ranged from 0.5 to 5 ppm showing large variations between farms and years, mainly due to the different yearly rainfall recorded. Most of the analysed leaf samples showed Zn concentrations between 10 and 20 ppm. Except for a location (Dílar), all the Zn concentrations observed in July were higher than 10 ppm, which is the reference value considered critical for Zn deficiency in olive trees. In xylem sap, Zn concentrations were much lower than in leaves, only with values higher than 0.1 ppm in exceptional cases. These results seem to indicate that values between 0.05 and 0.1 ppm in xylem sap are normal in olive trees without Zn deficiency.

KEYWORDS: Olive grove, Zinc, Xylem sap, Nutritional status

1. INTRODUCCIÓN

La calidad ambiental y los manejos respetuosos con la misma, como la producción integrada en olivar, demandan la incorporación de nuevas técnicas revisadas y evaluadas que permitan optimizar el uso de fertilizantes, evitar impactos ambientales y obtener aceites seguros y de calidad (Vitharana et al., 2008).

Actualmente el diagnóstico nutricional en olivo se limita a los análisis de muestras de hoja del mes de julio. Este método tiene algunas limitaciones, entre las que cabe destacar el corto espacio de tiempo para la toma de muestra y análisis y su correlación con las necesidades de algunos nutrientes. La hoja es un órgano en el que tienen lugar la mayor parte de las actividades metabólicas de la planta y, a la vez, puede actuar como sistema de almacenaje de elementos nutritivos. Esta circunstancia afecta negativamente a la hora de establecer el diagnóstico nutricional, ya que la propia actividad metabólica que se desarrolla en la hoja hace que el efecto de la fertilización aparezca enmascarado y dilatado en el tiempo (Zouaria et al., 2020). Además, esta técnica debe ser revisada ya que los valores de referencia son antiguos y por tanto ajustados a manejos muy diferentes a los que se realizan actualmente (Nieto et al., 2017).

El zinc (Zn) juega un papel muy importante en el metabolismo de las plantas influenciando las actividades de la anhidrasa carbónica y la hidrogenasa, la estabilización de las fracciones de los ribosomas y la síntesis de los citocromos (Tisdale et al., 1984). Las enzimas activadas por el Zn están envueltas en el metabolismo de los carbohidratos, manteniendo la integridad de las membranas celulares, la síntesis de proteínas, la regulación de la síntesis de auxina y la formación del polen (Marschner, 1995). Además, se considera que la regulación de la expresión de los genes requeridos para la tolerancia de varios tipos de estrés ambiental en plantas es dependiente del Zn (Cakmak, 2000). Algunos estudios han demostrado que una cantidad adecuada de Zn modula la tolerancia a la sequía en cultivos como el trigo, el tomate o el girasol (Dang et al., 2010; Kobayashi et al., 1998; Sharma et al., 1987).

Los síntomas visuales más comunes de deficiencia de Zn incluyen: detención del crecimiento, internodos y peciolos acortados, hojas pequeñas y malformadas, algunas de ellas desarrollando clorosis y manchas de necrosis (Brennan et al., 1993). Otros autores han detectado en sus estudios que las hojas jóvenes eran más pequeñas de lo normal y los brotes más cortos, mostrando una apariencia de "roseta" (Fernández- Escobar et al., 2016).

Las concentraciones y la disponibilidad de Zn para el olivo han sido objeto de estudios recientes. Así, Chatzistathis et al. (2017) analizaron la disponibilidad en suelo de olivares maduros; Nieto et al. (2017) analizaron su evolución en hoja; Anguita-Maeso et al. (2021) analizaron la concentración en savia. Sin embargo, no hemos encontrado trabajos en los que se incluyan las concentraciones en savia relacionadas con las de hojas y las formas asimilables en suelos.

El objetivo de este trabajo es estudiar los niveles de Zn en suelo, savia y en hojas en muestras recogidas simultáneamente en diferentes suelos, climas y a lo largo de 19 meses consecutivos, para valorar el estado nutritivo del árbol y correlacionar los valores obtenidos en los tres medios.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio

El estudio se realizó en seis explotaciones de olivar de regadío bajo manejo de producción integrada cuya variedad y localización puede observarse en la Tabla 1.

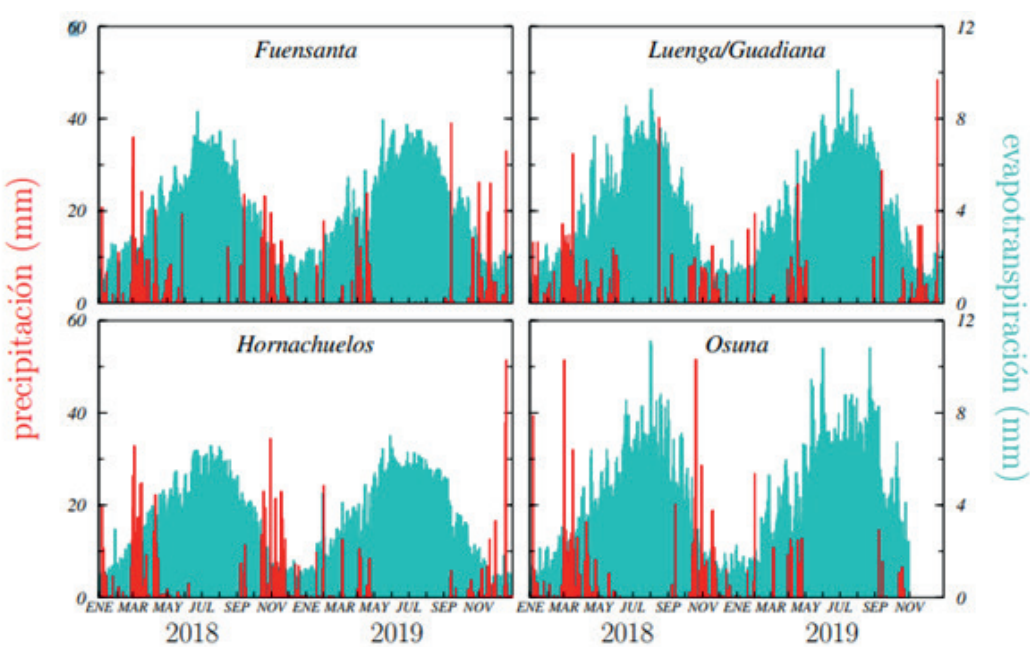
Tabla 1. Localización y variedad de las fincas de estudio

Explotación	Localidad	Coordenadas geográficas	Variedad
Luenga (L)	Jaén	37º 53' 05,5'' N, 3º 14' 47,3'' W	Picual
Guadiana (G)	Jaén	37º 53' 54,4'' N, 3º 14' 03,2'' W	Picual
Dílar (D)	Granada	37°03'54,8"N 3°37'00,1"W	Picual
Fuensanta (F)	Granada	37º 09' 52,4'' N, 3º 54' 16,9'' W	Hojiblanca
Osuna (O)	Sevilla	37º 19' 28,4'' N, 5º 13' 25,2'' W	Hojiblanca
Hornachuelos (H)	Córdoba	37º 55' 08,1'' N, 5º 18' 15,3'' W	Picual

Fuente: Elaboración propia.

El clima es Mediterráneo continental. Las precipitaciones son similares en Dílar, Fuensanta y Osuna (entre 430 y 487 mm/año), más bajas en Luenga y Guadiana (alrededor de 380 mm/año) y más altas en Hornachuelos (entre 500 y 800 mm). Todas ellas con una gran variabilidad anual e interanual como puede observarse en la Figura 1.

Figura 1. Precipitación mensual y Evapotranspiración de las explotaciones de Fuensanta, Luenga, Guadiana, Hornachuelos y Osuna, según los datos de las estaciones agroclimáticas de la Junta de Andalucía más cercanas.



Fuente: Elaboración propia.

2.2. Diseño del muestreo

En cada explotación colaboradora en el proyecto se fijó una parcela de ensayo/demostración compuesta de 4 subparcelas que correspondían a otros tantos puntos de muestreos. A su vez, cada subparcela estaba compuesta por seis árboles (o doce, dependiendo del vigor). Los árboles que forman las subparcelas se fijaron y marcaron de forma que los muestreos se realizaran en todo momento sobre los mismos árboles.

En cada una de estas subparcelas, se tomaron muestras de suelos, hojas y savia desde abril de 2018 a noviembre de 2019, ambos incluidos salvo para muestras de suelos que solo se presentan datos hasta octubre de 2019. Estas muestras fueron tomadas mensualmente al inicio de cada mes, a excepción del mes de octubre de 2019 en el que se realizaron dos muestreos.

2.3. Toma y análisis de muestras

Las muestras de suelo, hojas y savia se tomaron el mismo día en cada finca. El muestreo se realizó entre la primera semana y la segunda semana de cada mes, un día en cada finca.

2.3.1. Análisis de suelo

Para el seguimiento mensual de las parcelas los muestreos de suelo se realizaban del bulbo húmedo, dado que lo que estudiamos en este trabajo son los cambios dinámicos que se producen en la hoja y la savia del olivo y estos parecen estar muy relacionados con el manejo, especialmente la savia. A la vez se recogían muestras de hoja y ramas para la extracción de savia. Las muestras de suelos se embolsaban convenientemente etiquetadas para su traslado al laboratorio de Edafología y Química Agrícola de la Universidad de Granada, donde se extendieron y secaron durante al menos una semana antes de analizarlos.

El Zn fue extraído con DTPA de acuerdo con el método de Lindsay y Norwell (1978) y medido en Espectrofotómetro de Absorción Atómica, marca SpectrAA 220 FS Varian.

Las medidas de pH se realizaron con un electrodo de vidrio en una solución suelo:agua 1:2,5.

2.3.2. Análisis de hojas.

En el caso de las hojas, la toma de muestras se realizó siguiendo las recomendaciones de Fernández-Escobar (2008). Se tomó una muestra de hojas compuesta alrededor del olivo (en las cuatro orientaciones), a la altura de los ojos del operador/a, de brotes sin fruto y tomados al azar, desechando los brotes vigorosos de crecimiento vertical. Dentro de cada brote se considera el tramo correspondiente al crecimiento del año, por lo que se tomaron exclusivamente las hojas de la parte central de este tramo y solamente hojas bien desarrolladas y expandidas, que no presentaban ninguna anormalidad (ataque de plagas o enfermedades, necrosis, etc). Se tomaron las hojas completas, incluyendo el peciolo y sin la yema axilar y se conservaron en sobres de papel y en nevera hasta su entrega en el laboratorio de forma inmediata.

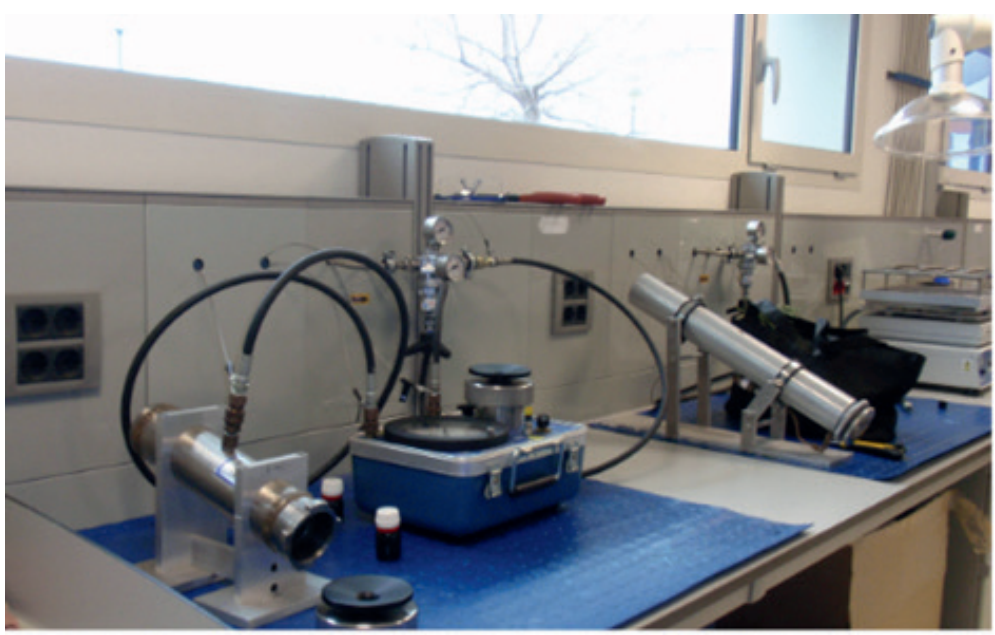
Para analizar el Zn en hoja se procedió a destruir la materia orgánica por calcinación en horno Mufla, extrayendo la fracción mineral con ácido clorhídrico al 2% (métodos oficiales de análisis, 2004); a partir de este extracto, se midió el Zn mediante un equipo ICP-OES (Perkin Elmer Optima 8000).

2.3.3. Análisis de savia.

Para obtener la savia se recogieron cuatro brotes de cada árbol, uno de cada orientación. Cada muestra de savia procedió, por tanto, de 24 brotes de los seis árboles que constituyen la unidad experimental (subparcela). Los muestreos de savia junto con los de hojas y suelos se realizaron siempre en el intervalo horario de 9 a 11 h, para estandarizar el procedimiento.

La extracción de savia se realizó mediante un equipo del tipo cámara de presión o cámara de Scholander, modificado, al contar con una cámara con tamaño suficiente para albergar las ramas de olivo (Figura 2). Este sistema permite tener control sobre las presiones de extracción, con el fin de estandarizar el proceso. La presión dentro de la cámara se generó mediante nitrógeno. Una vez extraída, la savia se fraccionó en tubos de 5 ml para su congelación y posterior análisis. La extracción de la savia, así como el análisis de esta y de las hojas se realizó en Olivarum, laboratorio de Fundación Caja Rural de Jaén.

Figura 2. Cámara de Scholander adaptada para la extracción de savia



Fuente: Elaboración propia.

De igual forma que la concentración de Zn en hoja, las determinaciones de Zn en savia se realizaron mediante ICP-OES (Perkin Elmer Óptima 8000).

El pH en savia se midió directamente antes de congelar la muestra con un peachímetro con electrodo de vidrio, Crison Basic 20.

2.3.4. Análisis estadísticos

Para evaluar posibles diferencias en el contenido de Zn y el pH en suelo, hoja y savia entre fincas y meses, y entre la interacción entre fincas y meses, se han realizado análisis de la varianza de medidas repetidas (ANOVA-MR) para cada una de las variables (nivel de significación de 0,05). Los meses en los que no se obtuvieron datos en al menos tres réplicas de alguna finca han sido extraídos de los análisis de medidas repetidas. En los casos de incumplimiento de las asunciones de normalidad y homocedasticidad, los datos fueron transformados. La comparación *post-hoc* se ha realizado usando el test de la diferencia mínima significativa (LSD). Las relaciones entre las variables se han explorado a través de matrices de correlaciones para cada finca por separado y teniendo en cuenta todos los datos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como puede observarse en la Tabla 2, el número de muestras analizadas superó en algunos casos las 500 muestras (Zn en hojas). El número de muestras de savia, sobre todo de Zn, fue algo menor ya que algunos meses (los meses de invierno cuando las temperaturas eran muy bajas) no pudo extraerse suficiente savia y se priorizó los análisis de los macronutrientes (datos no mostrados).

Tabla 2. Valores mínimos, valores máximos y media total (DS) de pH y de las concentraciones de Zn (ppm) para el periodo de estudio en suelo, hoja y savia. Diferentes letras indican diferencias detectadas entre las medias en el análisis de la varianza de medidas repetidas (p-valor <0,05). C: Hornachuelos, D: Dílar, F: Fuensanta, G: Guadiana, L: Luenga, O: Osuna, N: Número de muestras.

	Min-Max	C	D	F	G	L	O
Zn en suelo (ppm) N=471	(0,02-4,36)	0,95 (0,68) a	0,51 (0,40) b	0,51 (0,57) b	1,11 (0,97) a	1,05 (0,80) a	0,62 (0,76) b
pH en suelo N=470	(5,68-8,59)	7,33 (0,52) e	7,95 (0,35) a	7,90 (0,31) ab	7,83 (0,28) c	7,84 (0,32) bc	7,56 (0,43) d
Zn en hoja (ppm) N=504	(5,6-34)	11,97 (2,88) c	9,26 (1,83) e	11,36 (3,38) d	12,79 (5,01) c	15,24 (5,83) a	13,84 (3,53) b
Zn en savia (ppm) N=387	(0-0,25)	0,05 (0,03) b	0,05 (0,03) b	0,06 (0,03) a	0,06 (0,05) a	0,07 (0,04) a	0,05 (0,03) b
pH en savia N=465	(6,24-7,9)	7,03 (0,30) a	6,91 (0,27) b	7,01 (0,27) a	7,05 (0,33) a	7,04 (0,29) a	7,02 (0,24) a

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de los análisis de medidas repetidas mostraron diferencias entre fincas, entre meses y entre la interacción finca y mes (Tabla 3).

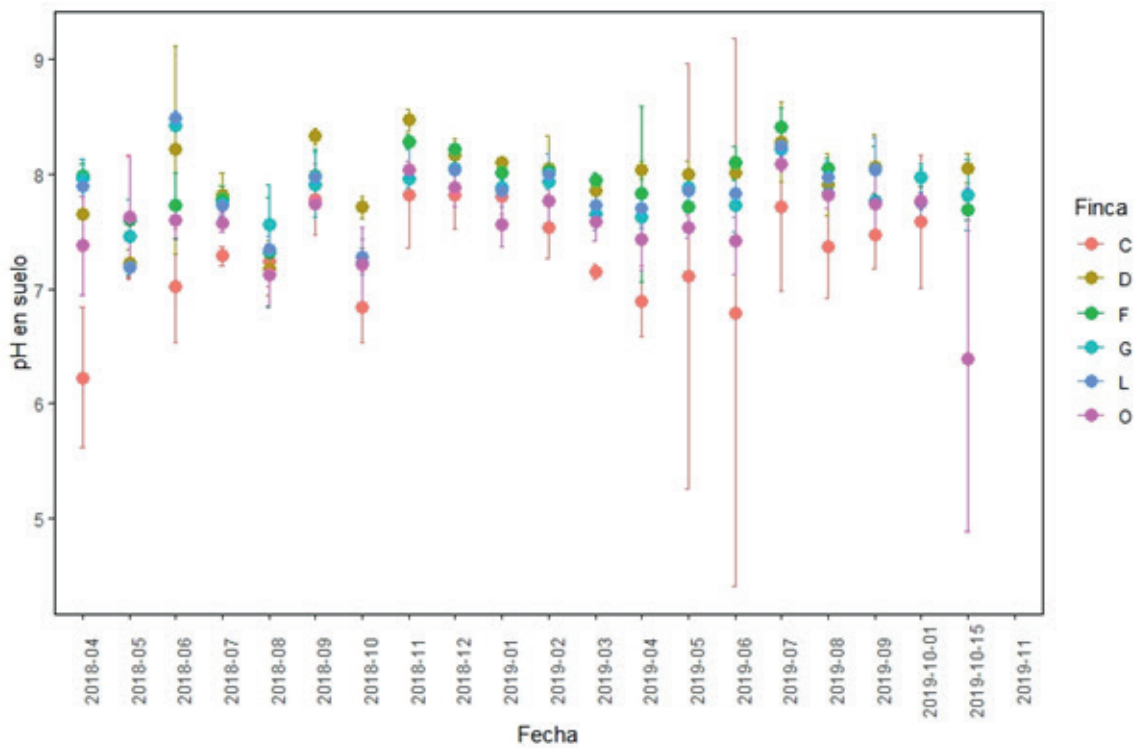
Tabla 3. Resultados de los análisis de la varianza de medidas repetidas (ANOVA-MR).

	Factor	Df	F	*P*
Zn en suelo	Finca	5	76,15	<0,001
	Mes	18	70,97	<0,001
	Finca x Mes	90	15,51	<0,001
pH en suelo	Finca	5	100,62	<0,001
	Mes	18	41,86	<0,001
	Finca x Mes	90	5,35	<0,001
Zn en hoja	Finca	5	74,90	<0,001
	Mes	20	54,38	<0,001
	Finca x Mes	100	9,03	<0,001
Zn en savia	Finca	5	8,96	<0,001
	Mes	10	24,75	<0,001
	Finca x Mes	50	4,19	<0,001
pH en savia	Finca	5	5,52	0,003
	Mes	16	22,70	<0,001
	Finca x Mes	80	4,96	<0,001

Fuente: Elaboración propia.

El pH de los suelos de las diferentes explotaciones osciló entre valores mínimos cercanos a 6 hasta valores superiores a 8,5 (Figura 3). Las explotaciones con valores de pH más alto fueron Dílar (D), Fuensanta (F), Luenga (L) y Guadiana (G). Las explotaciones con los valores medios más bajos fueron Osuna (O) y Hornachuelos (C).

Figura 3. Dinámica del pH del suelo (media ± intervalo de confianza del 95%) durante el periodo de estudio. C: Hornachuelos, D: Dílar, F: Fuensanta, G: Guadiana, L: Luenga, O: Osuna.



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con Porta et al. (2013), el pH afecta negativamente a la disponibilidad de numerosos nutrientes en suelos. En concreto para el Zn, un pH superior a 7,9 puede causar una deficiencia creciente en este elemento. En este sentido, las explotaciones utilizadas en este estudio están muy controladas y en el momento en que se detecta una deficiencia es corregida.

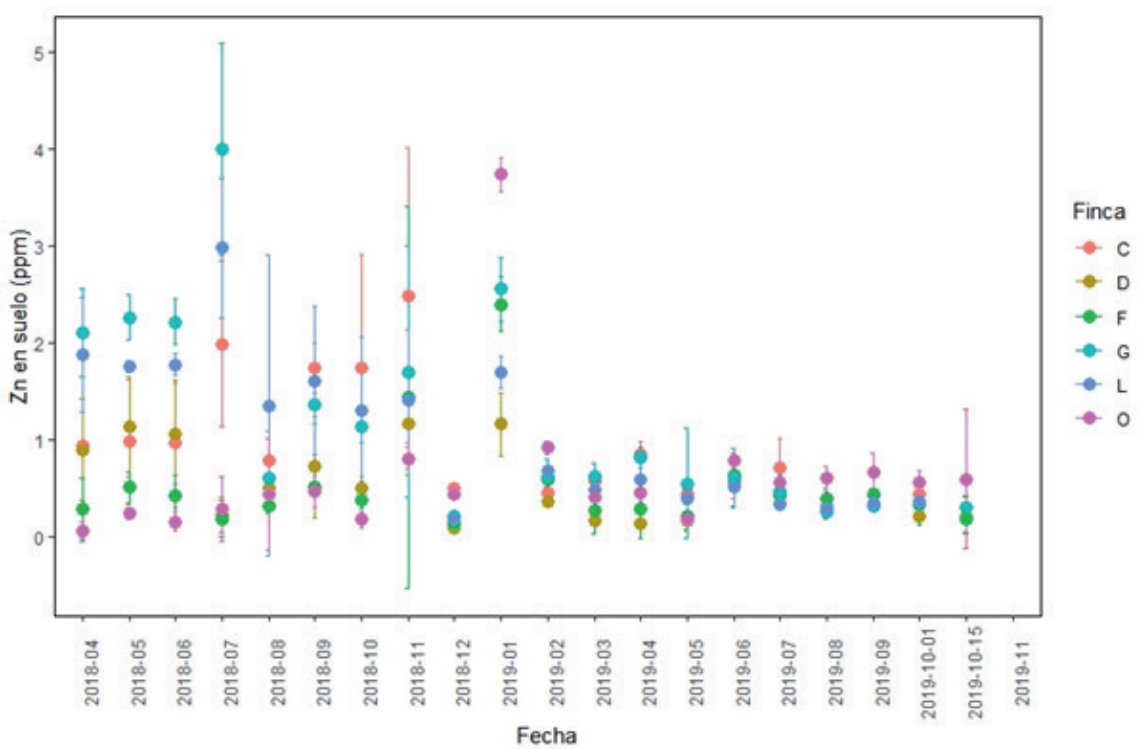
Las concentraciones de Zn disponible utilizando DTPA como extractante han sido determinadas por numerosos autores. De hecho, esta metodología es una de las más utilizadas y recomendadas, por ejemplo, por la FAO (Motsara y Roy, 2008) o por la Universidad del Estado de Nuevo México (Flynn, 2015). Otros autores también han utilizado esta técnica y la han considerado adecuada para establecer los niveles de disponibilidad de micronutrientes en suelos, incluyendo el Zn (Gasparatos et al., 2011; Nazif et al., 2015). Por ejemplo, Chatzistathis, et al. (2017), estudiando las concentraciones de micronutrientes extraídos con DTPA en suelos de Grecia, señalaban concentraciones en los primeros centímetros (0-20 cm) del suelo de 2 a 8,5 ppm para el Zn. Aunque los valores máximos registrados (4,36 ppm) sí estarían en el intervalo señalado por estos autores (Tabla 2), nuestros resultados señalan concentraciones medias en general más bajas (Figura 4).

Las diferencias observadas entre fincas (Tabla 3) pueden ser consecuencia de los múltiples factores que afectan a la biodisponibilidad de los microelementos en el suelo: pH, contenido en

materia orgánica, interacción entre sí y con el contenido en N y P, contenido en carbonato cálcico, etc. (Vukadinovic y Loncaric, 1998; Smolders et al., 2013; Chatzistathis et al., 2017). Por otra parte, esta dispersión en los resultados se observa también cuando se comparan los valores de referencia propuestos por diversos autores (Tabla 4). Nuestros valores medios se clasificarían como "suficientes" para Lindsay y Norvell (1978), aunque se considerarían bajos y medios si utilizamos la clasificación propuesta por Motsara y Roy (2008).

En nuestro estudio las concentraciones de Zn extraídas con DTPA son muy variables y oscilan entre valores menores de 1 ppm hasta mayores de 5 ppm (Figura 4). Insistir que las muestras se recogieron del bulbo húmedo el suelo, en donde se estuvo aplicando fertilizante por fertirrigación desde abril hasta octubre aproximadamente. Estas soluciones nutritivas modifican las condiciones del medio, por ejemplo, el pH, y con ello la biodisponibilidad de Zn. El mes con las concentraciones más bajas en Zn es noviembre del año 2018 (Figura 4).

Figura 4. Dinámica del Zn en suelo (media ± intervalo de confianza del 95%) durante el periodo de estudio. C: Hornachuelos, D: Dílar, F: Fuensanta, G: Guadiana, L: Luenga, O: Osuna.



Fuente: Elaboración propia.

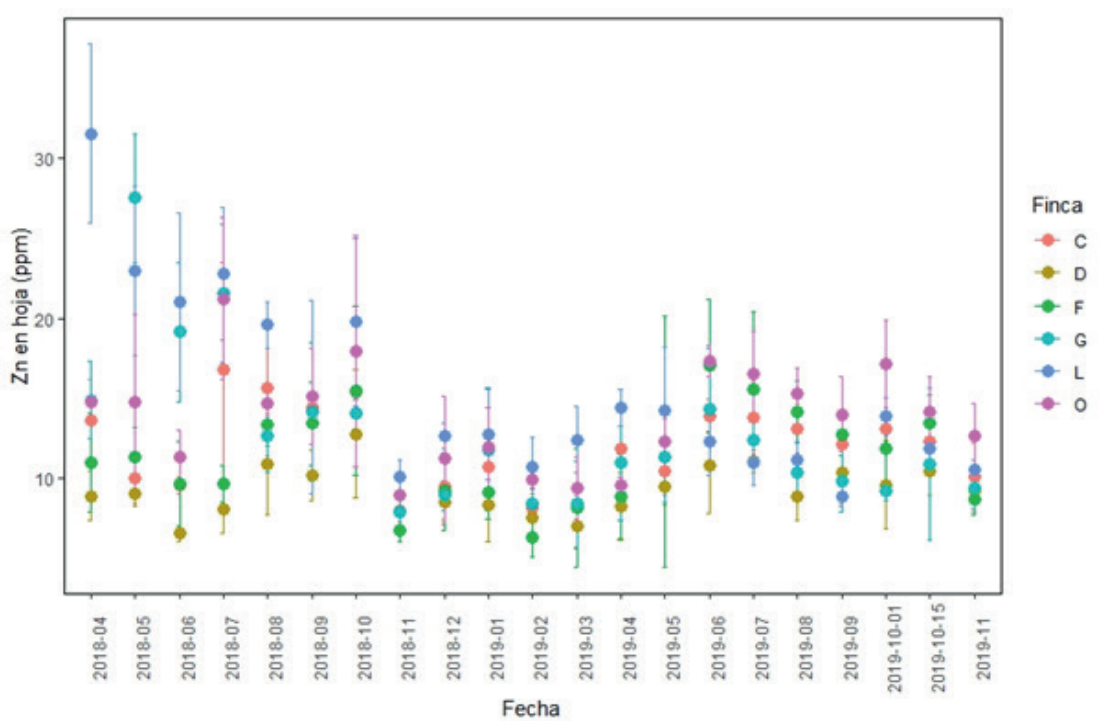
Tabla 4: Niveles de referencia de concentraciones de Zn (ppm) en suelos de diversos autores

Niveles de Zn propuestos por Lindsay y Norvell (1978)		Niveles de Zn Motsara y Roy (2008)	
Bajo	<0,5	Muy bajos	0-0,5
Moderado	0,5-0,75	Bajos	0,5-1
Suficiente	0,76-1,0	Medios	1-3
Excesivo (posible toxicidad)	>1,0	Altos	3-5
		Muy Altos	>5

Fuente: Elaboración propia a partir de Lindsay y Norvell (1978) y Motsara y Roy (2008).

A pesar de que el contenido en Zn en hoja es muy variable (Figura 5), los valores medios de las diferentes explotaciones son muy similares (Tabla 2). De acuerdo con los valores de referencia, las concentraciones obtenidas en las fincas se pueden considerar como adecuadas, exceptuando Dílar. En esta explotación se registraron valores inferiores a 10 ppm en el mes de julio y en la media total, valor considerado como crítico para la deficiencia de Zn.

Figura 5. Dinámica del Zn en hoja (media ± intervalo de confianza del 95%) durante el periodo de estudio. C: Hornachuelos, D: Dílar, F: Fuensanta, G: Guadiana, L: Luenga, O: Osuna.



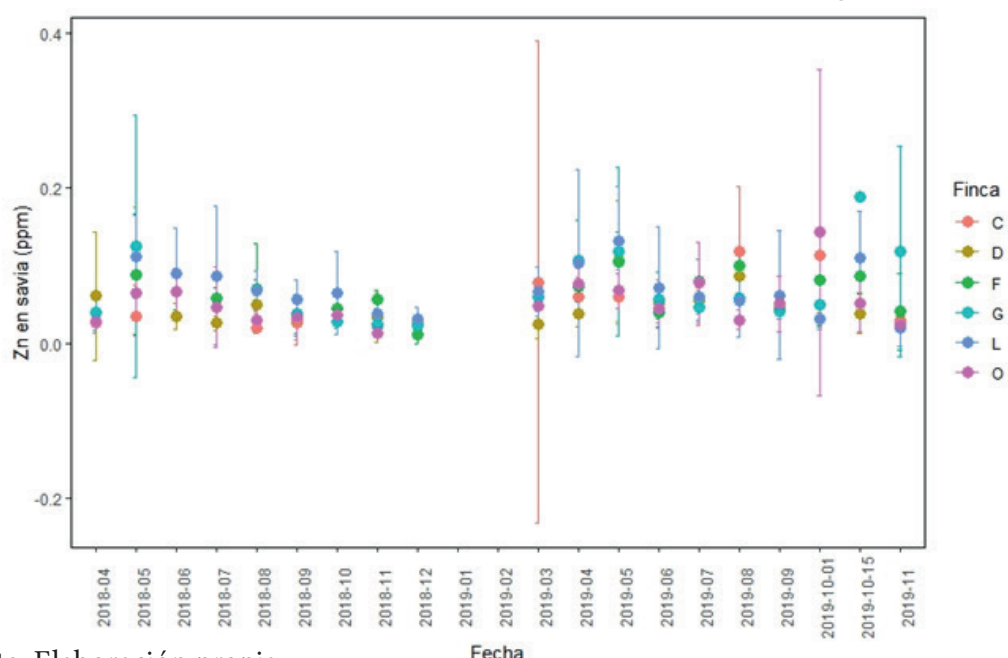
Fuente: Elaboración propia.

En las explotaciones de la Loma (Luenga y Cortijo Guadiana) se observaron diferencias significativas entre las medidas realizadas en el primer año de muestreo respecto al segundo (Figura 5). En otras explotaciones se observaron incrementos en los meses de junio y julio relacionados con la aportación de Zn vía foliar, como es el caso de Dílar. Sin embargo, en general los valores no presentaron grandes diferencias. Este resultado coincide con lo observado por otros autores que tampoco encontraron diferencias significativas a lo largo de un año de muestreo (Nieto et al., 2017).

Las medidas en savia representan la concentración puntual de los elementos que se están movilizando en el árbol: bien porque están siendo tomados del medio o bien porque están siendo trasladados hacia órganos de almacenaje o hacia órganos que los requieren en un momento dado. Obviamente, las concentraciones de Zn son menores en la savia que en la hoja, pero tal como puede observarse en la Figura 6, también sufren cambios apreciables relacionados con el clima (Figura 1), el estado fenológico y con el resto de las variables estudiadas en este trabajo.

La dinámica mensual de este elemento puede observarse en la Figura 6. Casi en todos los casos se observa un incremento en la concentración en los meses de abril/mayo y otro en octubre. Aunque las medias para las diferentes explotaciones se sitúan entre 0,05 y 0,07 ppm, en la mayoría de los meses estudiados las concentraciones fueron de 0,1 ppm. Como las concentraciones en hoja y en suelo fueron adecuadas (excepto en Dílar), cabe recomendar estas concentraciones en savia como óptimas para un cultivo sin deficiencias como las explotaciones estudiadas en este trabajo.

Figura 6. Dinámica del Zn en savia (media ± intervalo de confianza del 95%) durante el periodo de estudio. C: Hornachuelos, D: Dílar, F: Fuensanta, G: Guadiana, L: Luenga, O: Osuna.

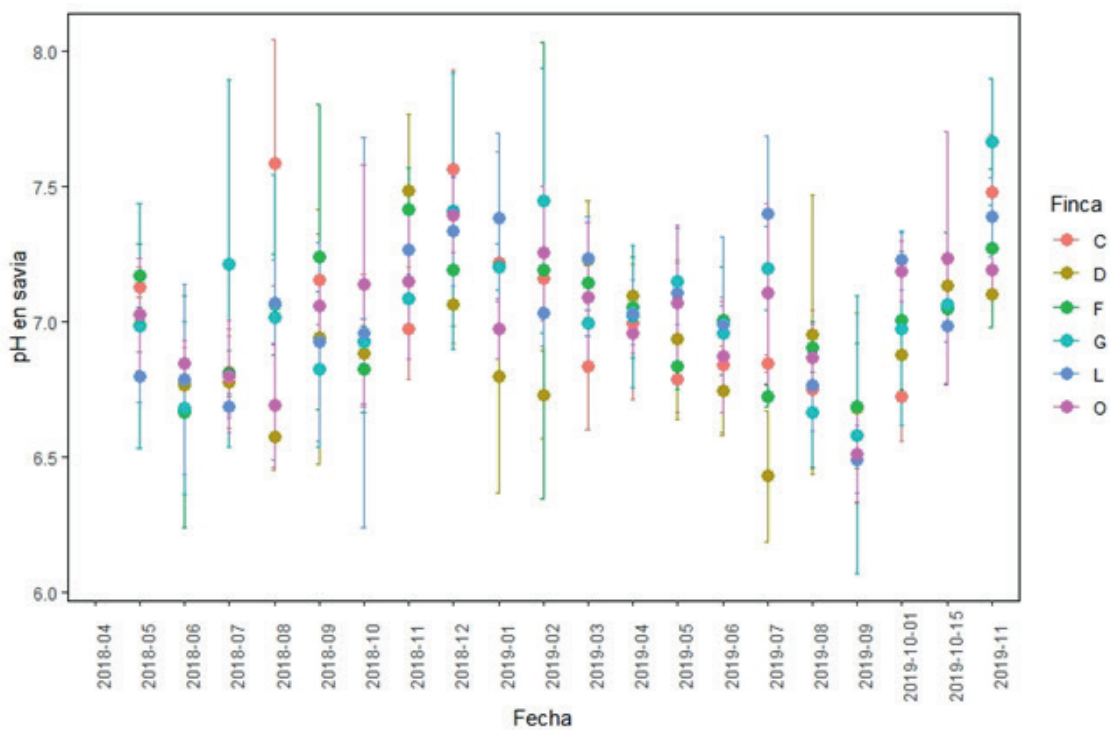


Fuente: Elaboración propia

En la dinámica de las concentraciones de Zn en savia destacan los resultados de Hornachuelos ya que, aunque los valores máximos se observan también en los mismos periodos que en el resto de las explotaciones, la dinámica con valores altos en verano diferencia esta explotación de las demás.

No obstante, tanto las concentraciones de Zn como el pH en savia (Figuras 6 y 7) son más estables y similares entre sí que los valores observados en hoja y suelos. Sin embargo, se observaron diferencias significativas entre fincas, entre meses y en la interacción de los factores finca y mes (Tabla 3).

Figura 7. Dinámica del pH en savia (media ± intervalo de confianza del 95%) durante el periodo de estudio. C: Hornachuelos, D: Dílar, F: Fuensanta, G: Guadiana, L: Luenga, O: Osuna.

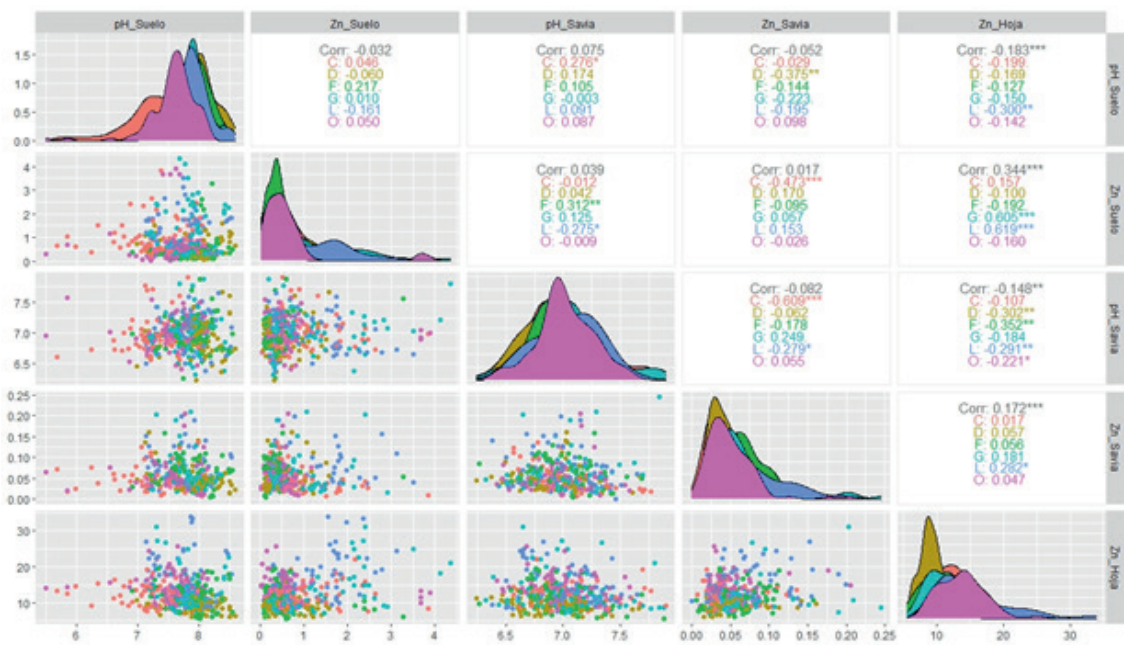


Fuente: Elaboración propia.

Como puede observarse en la Figura 8, las correlaciones entre las variables analizadas no fueron generalizadas para todas las explotaciones. Se observaron relaciones estadísticamente significativas usando el conjunto total de datos, sin separar por explotaciones, que no se observaban cuando la correlación se realizó con los datos de cada explotación por separado. Por ejemplo, el contenido en Zn en suelo se correlacionó de forma positiva con el contenido de Zn en hoja si consideramos el conjunto de datos, pero separando por explotaciones, solo se observa esta correlación en Luenga y

en Guadiana. El contenido de Zn en hoja se correlacionó de forma positiva con el Zn en suelo y en Zn en savia. La concentración de Zn en savia solo se correlacionó con la concentración de Zn en hoja teniendo en cuenta todos los datos. Este resultado parece indicar la relación de los dos medios (hoja/savia) cuando el Zn se almacena en hoja, cuando se distribuye a otras partes del árbol a través de la savia o cuando se aplica como fertilizante vía foliar. Las correlaciones de Zn en hoja fueron negativas con el pH tanto de suelo como de la savia, lo que parece confirmar la correlación negativa entre estos dos parámetros señalada por otros autores (Kabata-Pendias, 2000).

Figura 8. Matriz de correlaciones entre las variables. C: Hornachuelos, D: Dílar, F: Fuensanta, G: Guadiana, L: Luenga, O: Osuna



Fuente: Elaboración propia.

4. CONCLUSIONES

- Las concentraciones de Zn fueron mayores en suelo que en hoja, y en hoja, mayores que las medidas en savia.
- Las concentraciones de Zn en suelo y en hoja fueron muy diferentes en 2018 en comparación con 2019, probablemente a causa de la diferencia en la distribución de las precipitaciones a lo largo de los dos años. Sin embargo, las concentraciones de Zn en savia fueron más homogéneas durante todo el periodo estudiado.
- Solo se observaron deficiencias en Zn en Dílar, que fueron corregidas con aplicaciones foliares.

- Las concentraciones de Zn en savia se mantuvieron de media entre 0,05 y 0,07 ppm. Estos valores en savia circulante pueden ser considerados como óptimos para cultivos de olivos con estados nutritivos adecuados.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anguita-Maeso, M. , Haro, C. , Montes-Borrego, M. , De La Fuente, L. , Navas-Cortés, J. A. , Landa, B. B. (2021): "Metabolomic, Ionomic and Microbial Characterization of Olive Xylem Sap Reveals Differences According to Plant Age and Genotype", *Agronomy* 2021, 11, 1179, doi: 10.3390/agronomy11061179.

Brennan, R. F. , Armour, J. D. , Reuter, J. D. (1993): "Diagnosis of Zinc Deficiency", In Robson, A. D. Kluwer (ed). *Zinc in soils and plants*, 167-181, Dordecht: Academic Publisher.

Cakmak, I. (2000): "Possible Roles of Zinc in Protecting Plant Cells from Damage by Reactive Oxygen Species", *New Phytologist*, 146, 185-205.

Chatzistathis, T. , Papaioannou, A. , Gasparatos, D. , Molassiotis, A. (2017): "From which soil metal fractions Fe, Mn, Zn and Cu are taken up by Olive trees (Olea europaea L., cv.'Chondrolia Chalkidikis') inorganic groves?", *Journal of Environmental Management* 203, 489-499, doi: 10.1016/j.jenvman.2017.07.079.

Dang, H. R. , Li, Y. , Sun, X. , Zhang, Y. Li. (2010): "Absorption, accumulation and distribution of zinc in highly-yielding winter wheat", *Agr. Sci. China*, 9(7), 965-973.

Fernández-Escobar, R. (2008): "Fertilización", In: Barranco, D. , Fernández-Escobar, R. , Rallo, L. (Eds.), *El Cultivo del Olivo*, Mundi-Prensa, Madrid, pp. 299–336.

Fernández-Escobar, R. , Guerreiro, M. , Benlloch, M. , Benlloch-González, M. (2016): "Symptoms of nutrient deficiencies in young olive trees and leaf nutrient concentration at which such symptoms appear", *Sciencia Horticulturae*, 209, 279-285, doi: 10.1016/j.scienta.2016.07.002.

Flynn, R. (2015): "Interpreting Soil Tests: Unlock the Secrets of Your Soil", Circular 676, Cooperative Extension Service College of Agricultural, Consumer and Environmental Sciences, New Mexico State University, < https://pubs.nmsu.edu/_circulars/CR676/index.html> (consulta: 3/2/2022).

Gasparatos, D. , Roussos, P. A. , Christofilopoulou, E. , Haidouti, C. (2011): "Comparative effects of organic and conventional apple orchard management on soil chemical Properties and plant mineral content under Mediterranean climate conditions", *J. Soil Sci. Plant Nutr.*, 11, 105-117, doi: 10.4067/S0718-95162011000400008.

Kabata-Pendias, A. (2000): "*Trace Elements in Soils and Plants*" 3rd Edition, CRC Press, Boca Raton, doi: 10.1201/9781420039900.

Kobayashi, A. , Sakamoto, A. , Kubo, K. , Rybka, Z. , Kanno, Y. , Takatsuji, H. (1998): "Seven zinc-finger transcription factors are expressed sequentially during the development of anthers in petunia", *Plant J.*, 13, 571-576.

Lindsay, W. L. y Norvell. W. A. (1978): "Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper", *Soil Science Society of America Journal*, 42, 421–428, doi: 10.2136/sssaj1978.03615995004200030009x.

Marschner, H. (1995): *"Mineral nutrition of higher plants"* (2nd ed.), London, Academic Press, doi: 10.1006/anbo.1996.0155.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2004): *Métodos Oficiales de Análisis*, Tomo III Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.

Motsara, M. R. y Roy, R. N. (2008): "Guide to laboratory establishment for plant nutrient analysis", *FAO Fertilizaer and Plant Nutrition,* Bulletin Nº 19, Food and agriculture organization of the United Nations, Rome.

Nazif, W. , Marzouk, E. R. , Perveen, S. , Crout, N. M. J. , Young, S. D. (2015): "Zinc solubility and fractionation in cultivated calcareous soils irrigated with waste water", *Sci. Total Environ*, 518-519, 310- 319, doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.03.016.

Nieto, J. , García-Fuentes, A. , García, L. M. , Fernández-Ondoño, E. (2017): "Estudio de la dinámica nutricional en hojas de olivo: periodos de estabilidad analítica", *Spanish Journal of Soil Science*, 7, 40-58, doi: 10.3232/SJSS.2017.V7.N1.04.

Porta, J. , López-Acevedo, M. , Poch, R.M. (2013): "Edafología", *Uso y protección de suelos*, Mundi-Prensa, 608 p.

Sharma, P. N. , Chatterjee, C. , Sharma, C. P. , Agarwala, S. C. (1987): "Zinc deficiency and anther development in maize", *Plant Cell Physiol*, 28(1), 11-18.

Smolders, E. , Versieren, L. , Shuofei, D. , Mattielli, N. , Weiss, D. , Petrov, I. , Degryse, F. (2013): "Isotopic fractionation of Zn in tomato plants suggest the role of root exudates on Zn uptake", *Plant Soil,* 370, 605-613, doi: 10.1007/s11104-013-1655-7.

Tisdale, S. L. , Nelson, W. L. , Beaten, J. D. (1984): "Zinc" in Soil Fertility and Fertilizers, 4th Ed. New York, NY: Macmillan Publishing Company, 382–391.

Vitharana, U. W. A. , Van Meirvenne, M. , Simpson, D. , Cockx, L. , De Baerdemaeker, J. (2008): "Key soil and topographic properties to delineate potential management classes for precision agriculture in the European loess area", *Geoderma*, 143, 206-215, doi: 10.1016/j.geoderma.2007.11.003.

Vukadinovic, V. y Loncaric, Z. (1998): *Ishrana bilja*. Faculty of Agriculture, ISBN953-6331- 04-7, Osijek, Croatia.

Zouari, I. , Mechric, B. , Attia, F. , Cheraief, I. , Mguidiche, A. , Laabidia, F. , Hammami, M. , Martins, M. , Ribeiro, H. , Aïachi-Mezghani, M. (2020): "Mineral and carbohydrates changes in leaves and roots of olive trees receiving biostimulants and foliar fertilizers", *South African Journal of Botany,* 135, 18-28, doi: 10.1016/j.sajb.2020.07.032.

AGRADECIMIENTOS: Estos resultados son parte de los trabajos realizados dentro del proyecto "Sistema de Análisis Vascular Integrado en Olivicultura" (GOP31-JA-16-0010) que ha sido posible gracias a la subvención recibida de la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural de la Junta de Andalucía y FEADER. Este proyecto se incluye dentro del programa de Funcionamiento de los Grupos Operativos de la Asociación Europea de Innovación en materia de productividad y sostenibilidad agrícola, en el marco del Programa de Desarrollo Rural de Andalucía 2014-2020.

MAPA DE CONOCIMIENTO DEL CULTIVO DE OLIVAR EN LA COMUNIDAD DE MADRID.

Cruz, JL; Barrutieta, A.; Antón, O.; Sastre, B.; Martínez, MA.; Zamorano, JP.
Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario (IMIDRA)
joseluis.cruz@madrid.org

PALABRAS CLAVE: AKIS, redes de conocimiento, olivicultura

FINANCIACIÓN: FP21-CONAGRO (IMIDRA)

INTRODUCCIÓN: El olivar es el segundo cultivo por superficie en la Comunidad de Madrid (CM). Se trata de un cultivo principalmente destinado a la producción de aceite. aunque también existe la Denominación de Calidad Aceitunas de Campo Real que representa el 75% de la aceituna de mesa de la CM. Predominan las pequeñas explotaciones familiares. Como en otros olivares tradicionales españoles, los olivos madrileños se cultivan en zonas de pendiente sobre suelos pobres y poco profundos (Gómez et al. 2009). Son terrenos marginales que aportan un complemento a la renta para las familias.

El 98% de los olivares de la región son de secano, el 50% están plantados a bajas densidades (menos de 100 árboles ha-1) (MAGRAMA, 2013). En esta zona semiárida, la disponibilidad de agua es una limitación importante. Las prácticas convencionales de labranza dan lugar a una gran superficie de suelo desnudo que es propenso a procesos de erosión (Sastre *et al*., 2017).

La puesta en valor de la actividad olivarera por motivos económicos, ambientales y sociales hace que se haya abierto la puerta a la revitalización e innovación en el sector por lo que cobra especial interés conocer cómo es el proceso de innovación.

OBJETIVOS: Tomando como referencia el enfoque AKIS (*Agricultural Knowledge and Innovation Systems*) promovido por la UE el presente trabajo se centra en identificar cómo es el proceso de generación y circulación de conocimiento en el sector olivarero de la CM. Esto permitirá incidir en aquellos agentes clave para acelerar el proceso de innovación.

MÉTODOS: Para el logro del anterior objetivo se han hecho entrevistas a agentes clave en el sector del olivar (n=21). El análisis de datos se ha realizado con el software UCINET y la representación de redes con el software NETDRAW.

RESULTADOS: El olivar en la CM no es, en la mayoría de los casos, un cultivo de dedicación exclusiva, y en muchos casos ni siquiera se podría calificar de agricultura a tiempo parcial. Se trata de olivares en zonas muy marginales, con bajos rendimientos. Las producciones son para

autoconsumo y complemento de renta. En ocasiones se trata de olivares heredados cuyas labores se realizan por tradición y, en la medida de lo posible, con el mínimo coste. Si bien, esta realidad convive con grandes plantaciones de olivar gestionadas profesionalmente.

Este contexto determina los límites para la innovación en los olivares de la CM hasta la fecha. Sin embargo, la puesta en valor a través de la Denominación de Origen de Aceite de Madrid puede marcar un antes y un después.

Mientras finaliza la tramitación de dicha D.O., la baja rentabilidad unida a la minimización de coste, determinan un AKIS del olivar en la región muy característico. El número de agentes implicados no es muy amplio para tratarse de un producto que requiere cierta elaboración. El aprendizaje entre iguales, el contacto con otros agricultores, la tradición y la experiencia son la principal fuente de conocimiento.

La minimización de costes hace que las empresas de insumos (fertilizantes, plaguicidas, …), que en otros cultivos tienen un papel muy destacado, en el caso del olivar no tengan tanto peso. Se trata de una agricultura de muy bajos insumos. Las organizaciones agrarias, la universidad y las delegaciones agrarias comarcales tampoco son agentes centrales en el mapa de conocimiento. Los olivicultores no recurren a ellas para resolver cuestiones relativas al cuidado y aprovechamiento de estos olivares.

Al tratarse de cultivos de bajos insumos, la transición hacia la agricultura ecológica es una opción para algunas explotaciones. Agricultores o agrupaciones de productores con cierto volumen de producción han optado por diferenciarse y poner en valor su aceite a través del certificado de agricultura ecológica. En ese sentido el Comité de Agricultura Ecológica de Madrid (CAEM) figura en el mapa de conocimiento en cuanto que se recurre a dicha institución para contrastar los aspectos técnicos y las prácticas que se pueden y no se pueden llevar a cabo para este tipo de producción.

El IMIDRA, junto con la Escuela de la Vid, son los dos principales centros no universitarios que abordan la formación en olivicultura. El IMIDRA a través de sus cursos de transferencia orienta la formación hacia problemas específicos demandados por el sector. Esto justifica que figure en posiciones centrales en el mapa de conocimiento. Dichos cursos de formación también generan un contacto y vínculo de confianza con los agricultores, que cuando tienen algún problema realizan consultas a alguno de los técnicos que imparten los cursos. La formación que ofrece la Escuela de la Vid es muy importante, pero a la hora de resolver dudas de los olivicultores parece que estos optan por el IMIDRA, en buena medida por que a través de los cursos de transferencia que se organizan periódicamente, se mantiene un contacto más frecuente, que tal vez con la Escuela de la Vid.

Un elemento clave en el mapa de conocimiento es la Agrupación de Tratamiento Integrado en Agricultura (ATRIA). Este es un nodo central al que recurren los diferentes agentes implicados para resolver dudas, obtener información o solicitar apoyo relacionado con el cultivo del olivar en la CM (Ilustración 1).

¿Qué elementos hacen de esta agrupación un referente para los olivicultores y otros agentes? Se trata de una agrupación que cuenta con una técnico con amplia experiencia. El modelo de asesoramiento parte de una presencia habitual en el terreno y una atención personalizada e inmediata a los agricultores. La vocación de atender a demanda los problemas y dudas de los olivicultores unida a la solvencia técnica y experiencia le han granjeado el reconocimiento del sector.

Al mismo tiempo, la persona que realiza estas labores de asesoramiento tiene una estrecha relación con otros agentes del sector del olivar para intercambiar conocimiento y colaborar en proyectos en los que comparten intereses. Es reconocida como interlocutora por empresas de insumos, centros de investigación y organizaciones agrarias.

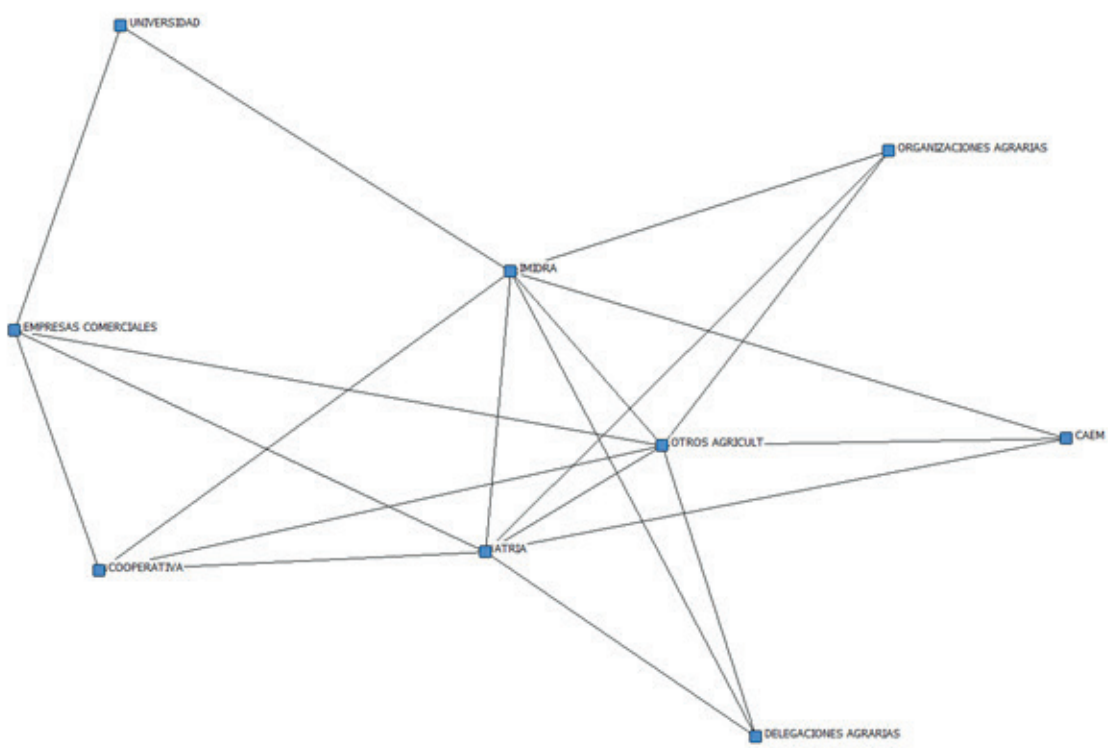


Ilustración 1. Mapa de conocimiento del olivar en la Comunidad de Madrid.

Los aspectos fitosanitarios del olivar son, probablemente, la cuestión a la que tienen que enfrentarse los agricultores más técnica, coyuntural, urgente y que más repercute en la productividad del tipo de olivicultura que se realiza en la CM. Estos elementos también hacen que no duden en buscar apoyo en la ATRIA cuando se encuentran con problemas de este tipo. La gestión del suelo, las podas y el resto de prácticas del olivar influyen mucho en la cantidad y calidad de las cosechas, sin embargo, sus efectos no se aprecian de forma tan inmediata y están más sujetos a prácticas tradicionales. Es decir, la forma que se da a las copas, la forma de gestionar el suelo, la gestión de hierbas adventicias, la forma de cosechar, etc… son cuestiones que a lo largo de los años se han ido ensayando y conociendo. Las decisiones adoptadas y los resultados obtenidos pueden variar mucho pero el bagaje personal (experiencia) y colectivo (tradición) ha conformado un cuerpo de conocimiento más consolidado que, sin embargo, no termina de ser suficiente para hacer frente al reto que supone cada año identificar y tratar las plagas y enfermedades.

El hecho de ser un cultivo permanente, también otorga ciertas peculiaridades con respecto a los cultivos anuales. La planificación de variedades y calendarios no es tan necesaria como en el caso de los cereales o de las hortalizas y, por tanto, la potencial consulta al suministrador de semilla o planta no es tan habitual

CONCLUSIONES

Los mapas de conocimiento son una herramienta útil para agilizar el proceso de innovación en el sector agrario. En el caso del olivar de la CM se trata de un mapa muy centralizado. La ATRIA es un aliado clave a la hora de hacer llegar nuevos conocimientos al sector, así como de recopilar el saber tradicional y necesidades de los olivicultores. Si bien, se trata de un sector en el que parece existir relación entre las diferentes partes implicadas.

La aprobación de la DO puede ser un espaldarazo para el sector y para modificar el mapa de conocimiento. La diferenciación del producto y la demanda de aceites de oliva virgen extra de Madrid incrementarán el interés por este tipo de cultivo y las posibilidades de obtener una mayor rentabilidad, mejorando rendimientos y producciones. En este punto se abre el abanico de agentes que pueden contribuir al proceso de innovación. El ensayo de nuevas prácticas, la contratación de empresas de servicios para la realización de tareas, la opción de hacer uso de insumos, la gestión de suelos, las podas, el control de plagas, o decidir sobre el momento de cosecha y las calidades de los aceites, implican algo más de especialización y, por tanto, pueden ampliar el mapa de conocimiento.

REFERENCIAS

Sastre, B., Barbero-Sierra, C., Bienes, R. et al. Soil loss in an olive grove in Central Spain under cover crops and tillage treatments, and farmer perceptions. J Soils Sediments 17, 873–888 (2017). https://doi.org/10.1007/s11368-016-1589-9.

Gómez JA, Sobrinho TA, Giráldez JV, Fereres E (2009b) Soil management effects on runoff, erosion and soil properties in an olive grove of Southern Spain. Soil Till Res 102:5–13.

MAGRAMA (2013) Encuesta de Superficies y Rendimientos de Cultivos (ESYRCE). Análisis de las plantaciones de olivar en España. Secretaría General Técnica, Subdirección General de Estadística del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid

EFECTOS DEL CONSUMO DE AOVE Y ACEITES DE OLIVA FUNCIONALES QUE DIFIEREN EN SU CONTENIDO DE COMPUESTOS BIOACTIVOS SOBRE LOS MEDIADORES PRO-INFLAMATORIOS IL-1β y TNF-α

Lima-Cabello, Elena; Alché Ramírez, Víctor; Zafra Álvarez, Adoración;
Castro López, Antonio Jesús; Alché Ramírez, Juan de Dios. Estación Experimental del Zaidín.
CSIC, juandedios.alche@eez.csic.es

RESUMEN: El aceite de oliva virgen extra (AOVE) se considera uno de los muchos componentes saludables de la dieta mediterránea. La función principal de la dieta es proveer los nutrientes suficientes para satisfacer las necesidades metabólicas de los individuos y proporcionar al consumidor una sensación de satisfacción y bienestar. Además, la dieta podría tener unos beneficios a nivel fisiológico y psicológico más allá de los efectos nutricionalmente aceptados mediante la modulación de dianas específicas en el organismo. El objetivo del presente trabajo es evaluar los beneficios potenciales que puede tener la administración de varios aceites de oliva virgen extra (AOVE) y aceites funcionales (AF) obtenidos a partir de aceite de oliva con contenido diferencial en compuestos bioactivos. Los aceites mencionados fueron administrados en forma de extractos etanólicos diluidos a cultivos *ex vivo* de células sanguíneas, y tras generar artificialmente una situación inflamatoria, se procedió a determinarlos niveles de los biomarcadores IL-1β y TNF-α. Los resultados obtenidos, en contraste con controles no tratados, muestran una clara correlación entre la presencia de estos componentes saludables y una mayor capacidad tamponante del desequilibrio inflamatorio inducido artificialmente. Así, una dieta enriquecida en estos componentes como parte de un patrón dietético cotidiano permitiría no sólo alcanzar los niveles nutricionales óptimos, sino que además jugaría un papel importante en la prevención o tratamiento de enfermedades.

PALABRAS CLAVE: Aceite funcional, AOVE, Biomarcadores, Cultivos *ex vivo*, Inflamación.

ABSTRACT: Extra virgin olive oil (EVOO) is considered one of the many healthy components of the Mediterranean diet. The main function of the diet is to provide enough nutrients to meet the metabolic needs of individuals and provide the consumer with a sense of satisfaction and well-being. In addition, the diet could have physiological and psychological benefits beyond the nutritionally accepted effects, through the modulation of specific targets in the organism. The objective of the present work is to evaluate the potential benefits that may be generated through the administration of various extra virgin olive oils (EVOO) and functional oils (AF) obtained from olive oil with differential content in bioactive compounds. The mentioned oils were administered in the form of a diluted ethanolic extract to *ex vivo* cultures of blood cells, and after artificially generating an inflammatory situation, the levels of IL-1β y TNF-α biomarkers were determined. The results obtained, in contrast to untreated controls, show a clear correlation between the

presence of these healthy components and a greater buffering capacity of the artificially induced inflammatory imbalance. Thus, a diet enriched in these components as part of a daily dietary pattern, would allow not only optimal nutritional levels to be reached, but would also play an important role in the prevention or treatment of diseases.

KEYWORDS: Biomarkers, *ex vivo* cultures, EVOO, Functional oil, Inflammation.

1. INTRODUCTION

Europa concentra un alto porcentaje de la producción mundial de aceitunas, siendo España el país con mayor producción dentro de Europa, lo que representa el 46% de toda la producción mundial. España puede por tanto ser considerada como una potencia en agroindustria olivarera (International Olive Council, 2022). Dentro de España, Andalucía es la región con mayor producción de aceite, que alcanza el 81 % de la producción total española. La producción media de aceite de las almazaras españolas en los últimos 5 años alcanza las 1.200.000 Tm de aceite de oliva al año, lo que supone además la generación de un gran volumen de subproductos, debido a que sólo el 20-25% del peso de la aceituna se transforma en aceite de oliva virgen/virgen extra (AOV/AOVE) (Cicerale y col., 2012).

La dieta mediterránea, con el aceite de oliva como principal fuente de grasa, ha demostrado representar un potencial factor preventivo frente a diversas patologías (enfermedades cardiovasculares, procesos inflamatorios de bajo grado, daños oxidativos, cáncer, etc.), principalmente como consecuencia de su alto contenido en componentes bioactivos, mayoritariamente su fracción fenólica (oleuropeína, oleocantal, hidroxitirosol, tirosol…), que se caracteriza por sus propiedades antioxidantes (Covas y col., 2015). Las fracciones del fruto de la aceituna y los diferentes subproductos obtenidos (corteza, mesocarpio, hueso, orujo,) contienen cantidades y tipos diferenciales de estos componentes minoritarios. Así, el aceite de orujo extraído de cáscaras y semillas está altamente enriquecido en ácidos triterpénicos, que se han mostrado antiinflamatorios y vasodilatadores tanto en modelos animales como celulares (Lozano-Mena y col., 2015). Partiendo de estas premisas, el enriquecimiento de un aceite de oliva virgen optimizado (AOVO) mediante un proceso de mejora de su valor biológico aumentando la proporción de componentes bioactivos obtenidos a partir de la semilla, piel u otras fracciones de la aceituna, sería capaz de generar un aceite de oliva funcional de alto potencial biológico. El aceite de oliva, a pesar de ser reconocido como un ingrediente saludable, no puede consumirse en cantidades elevadas, debido a su alto contenido calórico. Por lo tanto, el enriquecimiento de sus componentes bioactivos representaría una forma alternativa de potenciar sus propiedades saludables, pero manteniendo la ingesta de grasas (Valls y col., 2015; Fernández-Castillero y col., 2016).

Diversos ensayos están permitiendo analizar los beneficios para la salud *in vivo* de los triterpenos del aceite de oliva (ácidos oleanólico y maslínico) en humanos sanos (Biel et al., 2016). Los

beneficios para la salud basados en este ensayo se determinaron y describieron recientemente en biomarcadores antioxidantes, inflamatorios, del síndrome metabólico y de la función endotelial, principalmente *in vivo* (Sánchez-Rodríguez y col. 2018, 2019). En el presente estudio se describen aproximaciones similares, en este caso realizados mediante métodos de inducción de inflamación *ex vivo*.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Sujetos

Se reclutó un número total de diez sujetos de control sanos para este estudio, y se obtuvieron los respectivos consentimientos completos informados de cada participante (Tabla 1). Los sujetos eran no emparentados y diagnosticados en el área de cobertura del área básica "Pedro Martínez" (A.G.S. Noreste de Granada, España). Las muestras consistieron en sangre venosa, que fue recolectada de la vena cubital en tubos de heparina de litio de 4 ml por personal autorizado bien capacitado. Todos los procedimientos del estudio se realizaron de acuerdo con un protocolo previamente aprobado por el comité de ética de investigación del área de Granada, España). Todos los participantes dieron su consentimiento completo por escrito e informado para los procedimientos.

Tabla 1. Características de los participantes sanos. Los valores representan la mediana (percentil 25, percentil 75). Para detectar diferencias entre grupos utilizamos análisis de varianza (ANOVA). Los valores P significativos están marcados en negrita.

	Grupo control	*Valor-p*
Hombres	10	
Edad	40 (30,43)	0.007
Presión sanguínea	12/7 (11/7, 12/7)	**<0.001**
Ritmo cardiaco (ppm)	64 (65, 76)	**<0.001**

2.2. Cultivo de sangre *ex vivo*

La sangre venosa se extrajo en tubos de heparina de litio (BD Vacutainer System, Heidelberg, Alemania) por la mañana. Los participantes estuvieron en ayunas durante 12 horas antes de la extracción de sangre (el ayuno consistió en no ingerir alimentos ni bebidas, salvo agua). Dentro de las 3 h, la sangre entera sin separar se diluyó 1:3 con medio de Eagle modificado por Dulbecco (DMEM) y HEPES al 2,4 %; (Invitrogen, Karlsruhe, Alemania), y se agitó suavemente en tubos de 50 ml (Greiner Bio-one, Solingen, Alemania). Se sembraron alícuotas de un ml por pocillo de placas de 24 pocillos (Nunc, VWR International GmbH, Langenfeld, Alemania) y se cultivaron durante 24 h a 37 °C y una atmósfera de 5 % de CO_2. El procedimiento de análisis de sangre total se estableció a partir de estudios piloto con sangre de cuatro sujetos sanos. Todos los parámetros

para cada sujeto, incluida la extracción de sangre, se midieron en un ensayo en las mismas placas para garantizar la comparación cruzada intraindividual de los resultados. De cada extracción de sangre, realizamos incubaciones por triplicado en paralelo con diluciones de los aceites a ensayar en etanol (concentración final 0.1 % v/v del aceite), y controles negativos (diluyente etanólico de dichos extractos), cultivos separados que incluían lipopolisacárido de *E. coli* (LPS, 5 pg/ml), fitohemaglutinina (PHA, 1 µg/mL) y miristato 13 de Phorbol 12 + ionomicina (PMA+IO, 1 µg/ml), así como controles negativos (PBS al 25 %; Sigma-Aldrich). Se usaron los mismos lotes de LP, PHA, PMA+IO y PBS para todos los experimentos. Los hemocultivos se extrajeron de cada pocillo para centrifugarlos a 700 g durante 5 min a 20 °C, y los sobrenadantes se dividieron en alícuotas y se almacenaron a -80 °C hasta su posterior análisis.

2.3. Determinación del perfil de citoquinas

La cuantificación de los niveles de citoquinas IL-1β y TNF-α en los sobrenadantes de cultivo de sangres y células se midió por duplicado utilizando un conjunto ELISA humano de acuerdo con las instrucciones del fabricante (Diaclone SAS, Francia). Las muestras se aplicaron a pocillos de placas de microtitulación de poliestireno de 96 pocillos que se recubrieron previamente con anticuerpos monoclonales específicos antes de la incubación, y luego se lavaron los pocillos cinco veces, seguido de incubación con los respectivos anticuerpos policlonales conjugados con HRP. Después de repetir los pasos de aspiración y lavado, las soluciones de sustrato y las soluciones de parada se agregaron una tras otra. La densidad óptica de cada pocillo se determinó a 450 nm utilizando un lector de microplacas (Bio-Rad, Richmond, CA) en 30 minutos.

2.4. Análisis estadístico

Los datos se procesaron como valores medios ± desviación estándar (DE). La normalidad de las variables se evaluó mediante gráficos Q-Q y la prueba de Shapiro-Wilks. Tras evaluar la homogeneidad de las varianzas, se llevó a cabo un ANOVA de una vía seguido de pruebas post-hoc de Games-Howell o Tukey HSD (dependiendo de si las varianzas eran o no homogéneas, respectivamente) para determinar las diferencias entre las tres intervenciones de aceite de oliva para las variables distribuidas normalmente. Se utilizó la prueba de Wallis seguida de la prueba post-hoc de Dunn-Bonferroni cuando no se cumplió el supuesto de normalidad. Los análisis estadísticos se realizaron a un nivel de $p < 0,05$ utilizando el software SPSS Statistics 27 (IBM, Armonk, NY, EE. UU.).

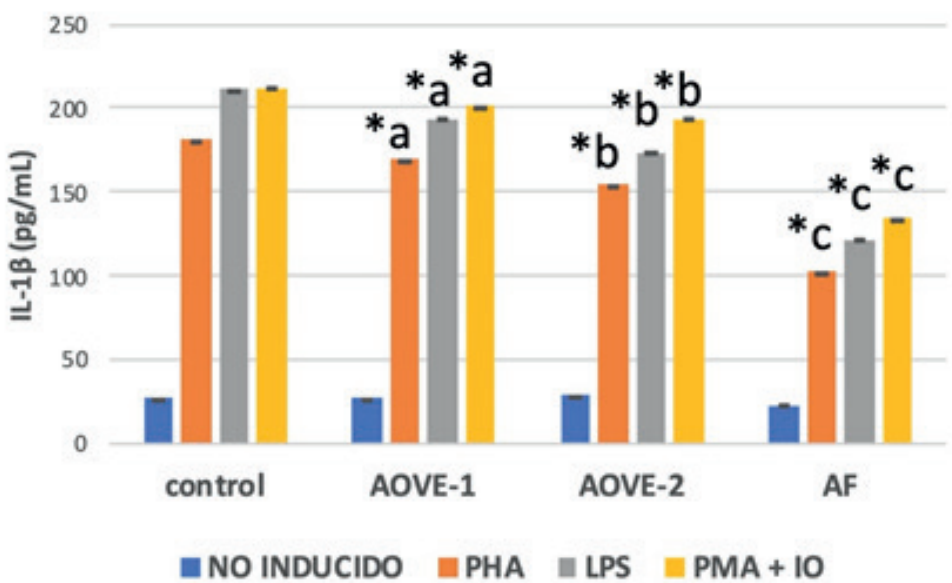
3. RESULTADOS Y DICUSIÓN

La determinación de los valores de concentración de la interleucina IL-1β en los diferentes cultivos *ex vivo* se muestra en la figura 1. En todos los casos, las concentraciones del marcador fueron estadísticamente mayores tras la inducción de efectos inflamatorios con los agentes PHA, LPS ó PMA-IO que en los cultivos no inducidos (control). En la figura se muestra igualmente que las tres diluciones de aceites fueron capaces de disminuir la intensidad de la respuesta inflamatoria

generada, dado que los valores de IL-1β fueron significativamente menores que en las muestras co-incubadas solo con el vehículo de dilución. Éste, por su parte, no causó efecto significativo sobre los valores del biomarcador IL-1β.

Los tres aceites utilizados difieren en su capacidad inhibidora de la formación de IL-1β, destacando especialmente el aceite funcional utilizado, cuya capacidad inhibidora es c.a. 40% y 30% superior a la de los aceites AOVE-1 y AOVE-2, respectivamente.

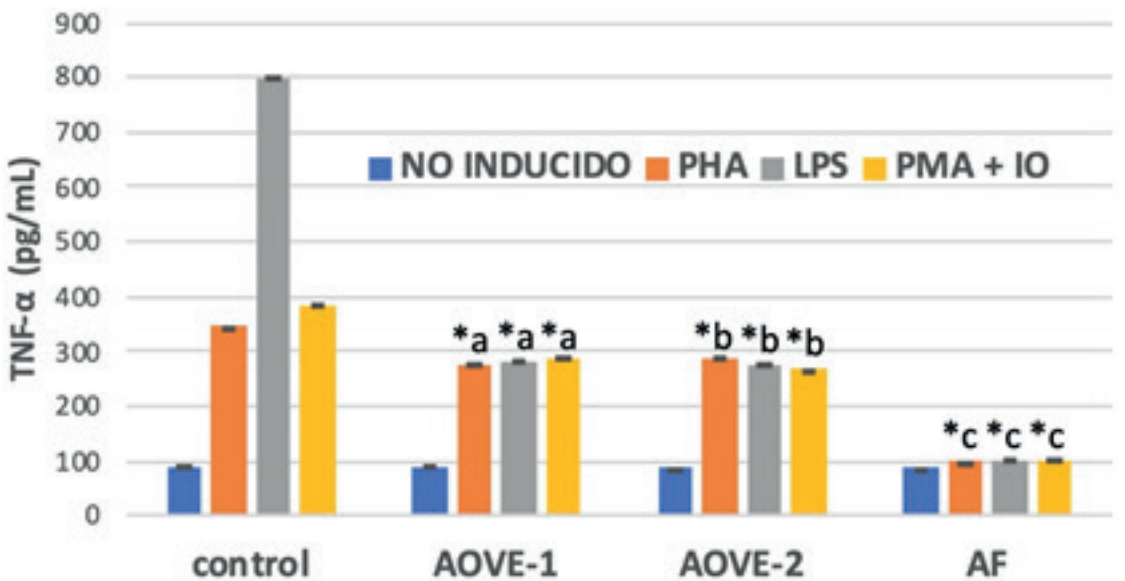
Figura 1: concentraciones determinadas de IL-1β (pg/mL) tras la co-incubación *ex vivo* de sangre de pacientes sanos con solución diluida de etanol (control), y las diluciones en etanol de dos aceites de oliva vírgenes (AOVE-1 y AOVE-2) y de un aceite de oliva funcional (AF) bajo los diferentes escenarios de inducción de cultivo (esto es: inducción con PHA, LPS, PMA + IO y sin inducción). Los datos se expresan como media ± SD. Las diferencias estadísticamente significativas en los niveles del biomarcador entre el tratamiento de co-cultivo con extracto etanólico y el control negativo (disolvente únicamente) ($p < 0,05$) están marcadas con un asterisco. Las diferencias estadísticamente significativas entre los aceites diluidos usados se etiquetan con letras diferentes (a,b,c).



El análisis del biomarcador TNF-α en los sobrenadantes de los cultivos ofrece unos resultados análogos a los observados con IL-1β, como se muestra en la Figura 2.

Figura 2: concentraciones determinadas de TNF-α (pg/mL) tras la co-incubación *ex vivo* de sangre de pacientes sanos con solución diluida de etanol (control), y los extractos etanólicos de dos aceites de oliva vírgenes (AOVE-1 y AOVE-2) y de un aceite de oliva funcional (AF) bajo los diferentes escenarios de inducción de cultivo (esto es: inducción con PHA, LPS, PMA + IO y sin

inducción). Los datos se expresan como media ± SD. Las diferencias estadísticamente significativas en los niveles del biomarcador entre el tratamiento de co-cultivo con diluciones etanólicas de los aceites y el control negativo (disolvente únicamente) ($p < 0,05$) están marcadas con un asterisco. Las diferencias estadísticamente significativas entre los aceites diluidos usados se etiquetan con letras diferentes (a,b,c).



Los resultados aquí mostrados revelan que los tres métodos (PHA, LPS y PMA + IO) fueron capaces de provocar una respuesta proinflamatoria de la sangre cultivada *ex vivo*, con características diferenciales debido a la naturaleza y los mecanismos moleculares involucrados en la inducción. En general, la mayoría de las inducciones dieron como resultado un aumento de los niveles de los dos biomarcadores analizados y cuantificados también en el plasma. Estos cambios tan importantes no alteraron significativamente sin embargo la viabilidad de las células sanguíneas, determinada experimentalmente mediante tinción con azul tripán (resultados no mostrados).

El presente trabajo analiza la expresión de dos citoquinas proinflamatorias. Las citoquinas son proteínas o péptidos de bajo peso molecular secretados por muchos tipos de células (en particular, las células del sistema inmunitario) que regulan la duración y la intensidad de la respuesta inmunitaria (Ai y col., 2013). Se han descrito en múltiples procesos fisiológicos, y particularmente en la regulación de respuestas inmunes e inflamatorias. Cambios significativos en sus concentraciones óptimas pueden alterar la fisiología normal, contribuyendo al desarrollo de eventos patológicos en varias enfermedades. Particularmente relevantes para la respuesta inmune son las citoquinas liberadas por las células T CD4+ .

El presente trabajo aumenta nuestro conocimiento sobre los efectos potencialmente beneficiosos de la ingesta de aceite de oliva en la prevención de eventos inflamatorios en humanos, particularmente en referencia a su contenido en componentes bioactivos como los polifenoles y triterpenos (ácidos oleanólico y maslínico). En este caso, hemos demostrado el efecto positivo de los extractos ensayados en el mantenimiento de niveles adecuados de muchos marcadores inflamatorios y oxidativos, lo que confirma las primeras observaciones realizadas por Sánchez-Rodríguez y col. (2018, 2019), utilizando un número limitado de biomarcadores y principalmente *in vivo*.

4. REFERENCIAS

Ai, W.; Li, H.; Song, N.; Li, L.; Chen, H. (2013): Optimal method to stimulate cytokine production and its use in immunotoxicity assessment. *Int. J. Environm. Res. Public Health*, 10(9), 3834–3842.

Biel, S.; Mesa, M. D.; de la Torre, R.; Espejo, J. A.; Fernández-Navarro, J. R.; Fitó, M.; Sánchez-Rodriguez, E.; Rosa, C.; Marchal, R.; Alche, J. D.; Expósito, M.; Brenes, M.; Gandul, B.; Calleja, M. A.; Covas M. I. (2016): NUTRAOLEOUM Study, a randomized controlled trial, for achieving nutritional added value for olive oils. *BMC Complement. Altern. Med.*, 16(1), 404.

Cicerale, S.; Lucas, L. J.; Keast, R. (2012): Antimicrobial, antioxidant and anti-inflammatory phenolic activities in extra virgin olive oil. *Curr. Op. in Biotec*, 23, 2, 129–135.

Covas, M. I.; de la Torre, R. y Fitó, M. (2015): Virgin olive oil: a key food for cardiovascular protection. *Br. J. Nutr.,* 113, S19–28.

Fernández-Castillero, S.; Valls, R. M.; Castañer, O.; Rubio, L.; Catalán, U.; Pedret, A.y col. (2016): Polyphenol Rich Olive Oils improve Lipoprotein Particle Atherogenic Ratios and Subclasses Profile: A Randomized, Crossover, Controlled Trial. *Mol. Nutr. Food Res.*, 15, 8, 114-116.

International Olive Council: https://www.internationaloliveoil.org/the-world-of-olive-oil/?lang=es Visitado el 10/5/2022.

Lozano-Mena, G.; Sánchez-González, M.; Planas, J. M. (2014): Maslinic acid, a natural phytoalexin-type triterpene from olives-, a promising nutraceutical. *Molecules*, 19(8), 11538–11559.

Sánchez-Rodriguez, E.; Biel-Glesson, S.; Fernandez-Navarro, J. R.; Calleja, M. A.; Espejo-Calvo, J. A.; Gil-Extremera, B.; de la Torre, R.; Fito, M.; Covas, M. I.; Vilchez, P. ; Alché, J. D.; Martinez de Victoria, E.; Gil, A.; Mesa, M. D. (2019): Effects of Virgin Olive Oils Differing in Their Bioactive Compound Contents on Biomarkers of Oxidative Stress and Inflammation in Healthy Adults: A Randomized Double-Blind Controlled Trial. *Nutrients*. 20 Mar 6, 11(3):561.

Sánchez-Rodriguez, E.; Lima-Cabello, E.; Biel-Glesson, S.; Fernandez-Navarro J. R.; Calleja, M. A.; Roca, M.; Espejo-Calvo, J. A.; Gil-Extremera, B.; Soria-Florido, M.; de la Torre, R.;Fito, M.; Covas, M. I.; Alché, J. D.; Martinez de Victoria, E.; Gil, A.; Mesa, M. D. (2018): Effects of Virgin Olive Oils Differing in Their Bioactive Compound Contents on Metabolic Syndrome and Endothelial

Functional Risk Biomarkers in Healthy Adults: A Randomized Double-Blind Controlled Trial. *Nutrients*, 16, 10(5):626.

Valls, R. N.; Farrás, M.; Suárez, M.; Fernández-Castillejo, S.; Fitó, M.; Konstantinidou, V.y col. (2015): Effects of functional olive oil enriched with its own phenolic compounds on endothelial function in hypertensive patients. A randomised controlled trial. Food Chem, 167, 30–35.

Van der Meide, P.H.; Schellekens, H. (1996): Cytokines and the immune response. *Biotherapy*, 8, 243–249.

5. AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por los proyectos P18-RT-1577, CA8313, AT17_5247 y PYC20 RE 009 CSIC. EEZ (Junta de Andalucía/FEDER/UE), 09021200008 (contrato de apoyo tecnológico), RTC-2017-6654-2 (AEI/FEDER/UE) y PID2020-113324GB-100 (MCIU/FEDER/UE).

LA PODA DE OLIVO COMO UN RECURSO SOSTENIBLE PARA LA OBTENCIÓN DE BIOMATERIALES Y COMPUESTOS DE ALTO VALOR AÑADIDO

Sofía Jurado-Contreras[1*], José A. Rodríguez-Liébana[2], Francisco J. Navas-Martos[2], Francisca Morillas-Gutiérrez[1], Soledad Mateo[1], Alberto J. Moya[1], M. Dolores La Rubia[1]
[1]Department of Chemical, Environmental and Materials Engineering.
Campus Las Lagunillas. Universidad de Jaén 23071 (Jaén)
[2]Centro Tecnológico del Plástico. Fundación Andaltec I+D+i.
Polígono Industrial Cañada de la Fuente, C/ Vilches 34, 23600 Martos (Jaén)

1. INTRODUCCIÓN.

En los últimos años están surgiendo nuevos modelos de economía circular que promueven diferentes acciones como la optimización de los recursos disponibles, la reducción en el consumo de materias primas de origen no renovable, y el aprovechamiento de los residuos para la fabricación de materiales y productos más sostenibles con el medio ambiente. De esta manera, los recursos se mantienen en el sistema económico durante más tiempo con respecto a los modelos lineales de producción en los que los bienes producidos son desechados tras su consumo.

El sector agroindustrial no es ajeno a estos cambios, y cada vez es más frecuente incluir en los sistemas de gestión de las explotaciones agrarias estrategias como la reutilización y revalorización de los residuos producidos como subproductos de las cosechas. Estos residuos, o biomasa lignocelulósica (BML), son potencialmente aprovechables para la producción de biocombustibles, biomateriales o productos químicos de alto valor añadido, dentro de un concepto de biorrefinería.

Uno de los residuos lignocelulósicos mayoritarios en la cuenca mediterránea, especialmente en el sur de España, es la madera de olivo resultante de las operaciones anuales de poda (OTP), las cuales son necesarias para incrementar la productividad de las cosechas. En la mayoría de los casos esta poda es incinerada o directamente triturada y esparcida en los propios cultivos, lo que puede suponer un impacto negativo en el medioambiente. Teniendo en cuenta que Andalucía concentra casi 2.000.000 de hectáreas de olivar y que en las operaciones de poda de los olivos se producen entre 2.000 y 3.000 kg de biomasa por hectárea [1], el aprovechamiento y revalorización de este recurso en biorrefinerías presenta una gran oportunidad para la implantación de sistemas de economía circular y la reducción del impacto ambiental del sector olivarero, motor económico en nuestra comunidad.

2. COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LA BIOMASA LIGNOCELULÓSICA.

La BML está compuesta mayoritariamente por microfibras de celulosa, hemicelulosa y lignina, y, en menor medida, por otros componentes como proteínas estructurales, lípidos y cenizas. Todos estos componentes forman una estructura rígida y compleja en una proporción que depende del origen de la BML. La Figura 1 representa un esquema general de la estructura de la BML.

La celulosa es el componente fundamental de la pared de las células vegetales. Es el compuesto orgánico natural más abundante de nuestro planeta y es un biopolímero que está integrado solamente por moléculas de β-glucosa conectadas por enlaces β-1,4-glucosídicos. La principal función de la celulosa en las paredes de las células vegetales es como componente estructural. Cada fibra de celulosa está formada por la unión de microfibrillas que son paquetes de estructuras cristalinas formadas por cadenas adyacentes conectadas por puentes de hidrógeno y fuerzas de Van der Waal a través de los grupos hidroxilo. Una fibrilla puede considerarse como una cadena de cristales de celulosa unidos, a lo largo de la fibrilla, por regiones amorfas desordenadas. Esta conformación resulta en una estructura cristalina y lineal con elevada resistencia al ataque químico o enzimático. Actualmente, la celulosa se utiliza mayoritariamente para la producción de papel, bioetanol y derivados (éteres y ésteres) con distintas aplicaciones industriales.

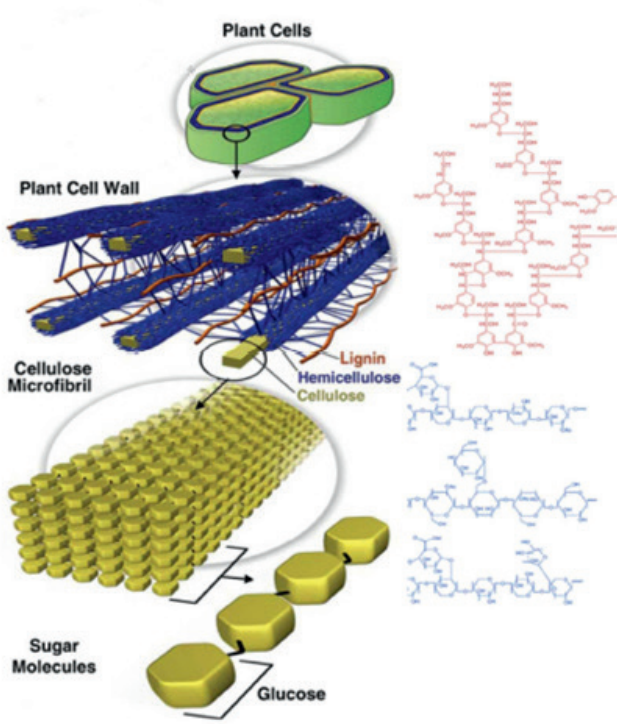


Figura 1. Estructura y composición general de la BML [2].

Las hemicelulosas constituyen otro gran grupo de polisacáridos presentes en las paredes de células vegetales, aunque con un grado de polimerización mucho menor que el de la celulosa. Debido a esto y a su naturaleza amorfa, las hemicelulosas son fácilmente degradables a sus monosacáridos. Los principales componentes de las hemicelulosas son d-xilosa, d-manosa, d-glucosa, d-galactosa, l-arabinosa, d-ácido glucurónico y d-ácido galacturónico entre otros azúcares. Dependiendo de esta composición, las hemicelulosas se dividen en xilanos, mananos, arabinanos y galactanos.

La lignina es una macromolécula fenólica que se deposita en las paredes celulares de las células vegetales, especialmente en las plantas denominadas leñosas. Se forma por la unión de tres unidades principales o monolignoles (alcohol coniferílico, alcohol sinapílico y alcohol p-cumarílico) conformando una estructura tridimensional aleatoria unida a las hemicelulosas. Es una sustancia hidrofóbica que refuerza la resistencia mecánica de los tejidos. Actúa como barrera biológica y como elemento de unión entre hemicelulosas y celulosa.

3. PROCESOS PARA EL FRACCIONAMIENTO DE LA BIOMASA LIGNOCELULÓSICA.

Previamente al fraccionamiento, será necesario reducir el tamaño de la BML mediante procedimientos mecánicos, como picado y tamizado, hasta obtener un tamaño adecuado para los tratamientos posteriores. El objetivo del fraccionamiento es romper la estructura de las paredes celulares para aumentar la porosidad y poder separar los tres componentes principales, es decir, celulosa, hemicelulosas y lignina, y revalorizarlos posteriormente en productos de valor añadido. Dependiendo del uso final, cualquier tratamiento debe seguir una serie de criterios importantes incluyendo:

- Reducción de la contaminación e impacto ambiental.
- Reducción de reactivos químicos y costes.
- Minimización de productos de degradación.
- Minimización de la formación de subproductos tóxicos.

Convencionalmente, los tratamientos seguidos se pueden clasificar en tres grandes grupos: físicos, biológicos y químicos. La elección del tratamiento adecuado se basará en la composición de celulosa, hemicelulosas y lignina, es decir, en el tipo de BMS. Los procesos físicos se basan en la desfibrilación de la BML hasta formar fibras sencillas o paquetes de fibras de tamaño reducido. La energía necesaria para alcanzar este objetivo dependerá de la materia prima y del tamaño final de partícula deseado. Aunque estos procesos no suelen generar compuestos tóxicos, generalmente el coste es elevado y no se utilizan a gran escala [3,4]. Los tratamientos biológicos utilizan microorganismos degradadores para modificar la composición química y la estructura de la BML, y así conseguir un material más susceptible de digestión enzimática. Sin embargo, estos tratamientos son muy lentos y requieren grandes espacios y un control estricto de las condiciones

ambientales. Además, los microorganismos pueden atacar y degradar compuestos de interés como hemicelulosas y celulosa. Por lo tanto, este tipo de tratamientos es menos atractivo desde el punto de vista industrial [5].

Los tratamientos químicos más utilizados son hidrólisis alcalina, hidrólisis ácida, proceso organosolv, expansión de fibra de amoniaco (AFEX), y otros como agua líquida caliente (LHW), explosión de vapor, líquidos iónicos, disolventes eutécticos profundos (DES) y fluídos supercríticos, englobados en los llamados tratamientos de "química verde". Como se dijo anteriormente, la elección del tratamiento más adecuado se realiza en base a la composición de la BML y a los objetivos finales. Esto significa que la estrategia a seguir será diferente si el objetivo es recuperar los azúcares fermentables, aislar la fracción celulósica, revalorización de lignina, etc. Recientemente, el foco de atención se ha centrado también en la combinación de tratamientos de forma simultánea o en un proceso de diferentes etapas consecutivas. Esta estrategia, que puede ocasionar un fraccionamiento de la biomasa más efectiva, puede contribuir a reducir los costes, los tiempos de proceso, el consumo de energía y la formación productos agresivos [6].

4. FRACCIONAMIENTO DE LA PODA DE OLIVO PARA LA EXTRACCIÓN DE LA CELULOSA

La celulosa es el polímero más abundante de la naturaleza. Algunas de las características más importantes que presenta son su origen renovable y su carácter biodegradable [7]. Trabajos previos han determinado que la cantidad de celulosa en la OTP varía entre el 30% y el 40 % en peso [8,9]. Por lo tanto, el fraccionamiento de la OTP supone una alternativa sostenible para la extracción de una fase celulósica de alta calidad. El objetivo principal de este estudio es, por tanto, el aislamiento de la fracción de celulosa contenida en la OTP a través de diferentes procesos químicos que eliminen hemicelulosas, ligninas y otros componentes menores.

Algunos trabajos publicados previamente han extraído la celulosa de OTP siguiendo procedimientos consistentes en hidrólisis alcalina con hidróxido de sodio + blanqueamiento con clorito de sodio [8], o en blanqueamiento con clorito de sodio + hidrólisis con hidróxido de sodio [9]. Estos autores consiguieron aumentar la concentración de celulosa hasta el 60% y el 80% respectivamente en los sólidos tratados, los cuales fueron utilizados para la obtención de nanofibras o nanocristales de celulosa por distintos procedimientos. Sin embargo, estos procedimientos suelen requerir altas concentraciones de reactivos o varias repeticiones para ser efectivos. En nuestro caso se evitó el uso de reactivos clorados altamente contaminantes para el aislamiento de la celulosa contenida en OTP mediante un tratamiento consistente en las siguientes etapas:

i. Pre-hidrólisis ácida con ácido nítrico diluido.
ii. Hidrólisis alcalina con hidróxido de sodio diluido.
iii. Blanqueamiento con agua oxigenada.

La Figura 2 muestra de izquierda a derecha una imagen de la OTP nativa y tras cada uno de los tratamientos. En esta imagen se observa el cambio de color desde marrón para la OTP nativa hasta blanco para la OTP tras el proceso de blanqueamiento, lo que indica un alto contenido en celulosa. Esto está de acuerdo con los datos de la Tabla 1 en la que se presenta la composición química y el índice de cristalinidad (CrI) de la OTP nativa y tras cada uno de los tratamientos.



Figura 2. Fraccionamiento de la OTP para el aislamiento de la celulosa. De izquierda a derecha: OTP nativa; OTP tras la pre-hidrólisis ácida; OTP tras la hidrólisis alcalina; OTP tras el blanqueamiento.

Tabla 1. Composición química e índice de cristalinidad (CrI) de la OTP nativa y tras los distintos tratamientos químicos realizados.

BML	Celulosa (%)	Hemicelulosa (%)	Lignina (%)	CrI (%)
OTP nativa	31.5	21.6	24.8	40.9
OTP-ácido	63.3	8.9	7.8	63.9
OTP-alcalino	83.3	0.5	5.0	71.1
OTP-blanqueamiento	86.1	No detectado	3.8	70.6

Como se observa en la Tabla 1, el CrI aumenta progresivamente con los tratamientos químicos realizados, con valores de aproximadamente 41% para la OTP nativa y 71% para el sólido obtenido al final del proceso. Esto indica la eliminación progresiva de componentes amorfos como hemicelulosas y lignina, y el enriquecimiento del sólido en celulosa que es un biopolímero semicristalino. Esto está de acuerdo con los cambios químicos observados por espectroscopía infrarroja tras los distintos tratamientos que refleja la desaparición de los enlaces y grupos funcionales típicos de hemicelulosas y lignina, y el aumento en la intensidad de las bandas asociadas con la celulosa (Figura 3).

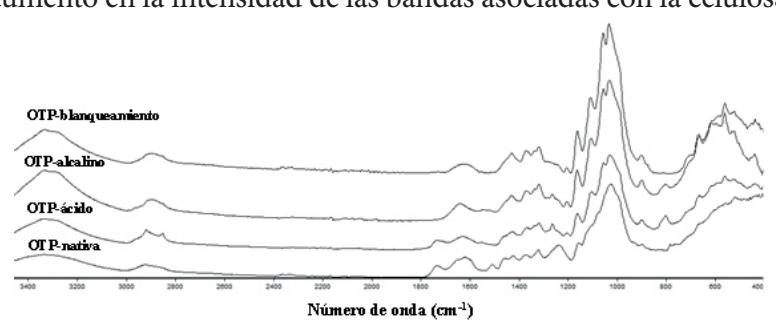


Figura 3. Espectros infrarrojos para la OTP nativa y tras cada uno de los tratamientos químicos realizados.

Una vez aislada y purificada mediante diferentes tratamientos, la celulosa obtenida puede servir como materia prima para la fabricación de biomateriales y compuestos químicos derivados de alto valor añadido que puedan ser aplicados en distintos sectores industriales como el de adhesivos, tintas, pinturas, purificación de aguas contaminadas o envasado alimentario.

5. REFERENCIAS

[1] La Bioenergía en Andalucía **(2020)**. Agencia Andaluza de la Energía. Consejería de Hacienda, Industria y Energía; Junta de Andalucía.

[2] Sannigrahi P., Yunqiao P., Ragauskas A. **(2010)**. Cellulosic biorefineries – unleashing lignin opportunities. Current Opinion in Environmental Sustainability 2, 383–393. doi: 10.1016/j.cosust.2010.09.004

[3] Brodeur G., Yau E., Badal K., Collier J., Ramachandran K.B., Ramakrishnan S. **(2011)**. Chemical and physicochemical pretreatment of lignocellulosic biomass: a review. Enzyme Research. doi:10.4061/2011/787532.

[4] Baruah J., Nath B.K., Sharma R., Kumar S., Deka R.C., Baruah D.C., Kalita E. **(2018)**. Recent trends in the pretreatment of lignocellulosic biomass for value-added products. Frontiers in Energy Research. 6:141. doi:10.3389/fenrg.2018.00141.

[5] Zheng Y., Pan Z., Zhang R. **(2009)**. Overview of biomass pretreatment for cellulosic ethanol production. International Journal of Agricultural and Biological Engineering 2(3), 51-68. doi: 10.3965/j.issn.1934-6344.2009.03.051-068.

[6] Araújo D., Vilarinho M., Machado A. **(2019)**. Effect of combined dilute-alkaline and green pretreatments on corncob fractionation: Pretreated biomass characterization and regenerated cellulose film production. Industrial Crops and Products 141, 111785. doi: 10.1016/j.indcrop.2019.111785.

[7] Klemm D., Heublein,B., Fink,H.P., Bohn A. **(2005)**. Cellulose: fascinating biopolymer and sustainable raw material. Angewandte Chemie Int. Ed., 44(22), 3358-3393. doi: 10.1002/anie.200460587.

[8] Sánchez-Gutiérrez M., Espinosa E., Bascón-Villegas I., Pérez-Rodríguez F., Carrasco E., Rodríguez A. **(2020)**. Production of Cellulose Nanofibers from Olive Tree Harvest—A Residue with Wide Applications. Agronomy, 10(5), 696. doi: 10.3390/agronomy10050696.

[9] Kian L.K., Saba N., Jawaid M, Alothmanb O.Y., Fouad H. **(2020)**. Properties and characteristics of nanocrystalline cellulose isolated from olive fiber. Carbohydrate Polymers, 241, 116423. doi: 10.1016/j.carbpol.2020.116423.

EVALUATION OF THE GENETIC RESISTANCE OF OLIVE VARIETIES FROM THE GERMPLASM OF MARRAKECH TO INFESTATION BY THE OLIVE FRUIT FLY *BACTROCERA OLEAE* ROSSI (DIPTERA, TEPHRITIDAE)

Yamna Ouguas[1], Mohamed EL Oirdi[1, 2], Abdelilah Chakhmani [3], Abdellah Bouchtalla [4], Zineb El Ghattas[5], Fatima Gaboun[6]

[1]National Institute of Agronomic Research, Marrakech-Morocco (yamna_ouguas@yahoo.fr); [2,3]University Moulay Ismail, Faculty of Science Meknes-Morocco (medoirdi95@gmail.com) (abdel.chakhmani@gmail.com),[4]University of Angers, Faculty of Science Anger-France (bouchtallaabdellah@gmail.com); [5]University Chouaib Doukali, Faculty of Science El Jadida-Morocco (elghattaszineb@gmail.com); [6]National Institute of Agronomic Research, Rabat-Morocco (fatima.gaboun@inra.ma).

ABSTRACT

Genetic resistance can represent a vital tool to control Bactrocera oleae (Gmelin) which causes quantitative and qualitative damage to olive production. The world collection of olive trees established in Tassaout field, 70km from Marrakech, gathers a multitude of olive varieties from 14 geographical origins, which deserve evaluation for their resistance to B. oleae. Materials and methods. The sampling consisted in picking 100 olives from three olive trees per variety from a total of 104 varieties. This survey was held on November, 23th 2020. In the laboratory we counted the total infestation (feeding punctures and the adult exit holes). We recorded three parameters; the ripeness index, the olive weight, and the infestation level. We used the ANOVA analysis to determine the significance of different parameters and the ACP analysis to classify varieties according to the studied parameters. The objective is to characterize these varieties toward the infestation by B. oleae and discuss the correlation between parameters involved in this infestation. Results. According to the level of B.oleae infestation, the investigated varieties fall into three groups; the least infested (less than 10% infestation) constitutes 23.08% of the varieties, the moderately infested (11 to 40% infestation) accounts for 64.42%, and the last group of heavily infested (more than 45% infestation) for 12.5%. The PCA analysis shows the distribution of the varieties according to the olive weight and a positive correlation between the infestation and the weight of fruits.

Six Italian varieties, one French variety, one Portuguese variety, and four Spanish varieties had infestation levels of less than or equal to 10% of the olive evaluated varieties. El-Salam variety from Egypt and Zalmati from Tunisia had only 2% infestation. The variety Zael Al Muhra from Syria showed infestation of 10%.

KEYWORDS: *Bactrocera oleae*, infestation, weight, ripeness index, correlation.

INTRODUCTION

Losses due to *Bactrocera oleae* are estimated to be around 800 million euros per year, with a controlled budget of 100 million euros (Haniotakis, 2005). The table olive varieties suffer losses of up to 100% (Burrak *et al*., 2008). Many techniques have been investigated to reduce losses due to this pest, but their use is limited. The control methods include mass trapping, Kaolin spraying, copper products (Belcari *et al*., 2005; Haniotakis, 2005; Daane and Johnson, 2010), and the use of entomopathogenic fungi (Belcari *et al.,* 2005; Haniotakis, 2005; Daane and Johson, 2010; Yousef *et al*., 2013).

Pesticides are currently the most used control method (Belcari *et al*., 2005; Knap and Bandelj, 2017). These non-selective treatments pollute the ecosystem and contribute to the emergence of pesticide resistance (Pascual *et al*., 2010; *Kakani et al*., 2010). A model for estimating the damage caused by *B. oleae* (Rossi) was established by Pertinez and Velez (2020) to anticipate control strategies against this pest.

Therefore, various alternative approaches for the integrated control of *B. oleae*, such as resistant varieties, would be needed. The genetic method could be an essential tool in controlling this insect as it reduces the use of pesticides in conventional and organic olive cultivation.

Phenological and genetic characterization and quality criteria have been studied on a number of varieties of Marrakech olive germplasm. However, we have not yet studied their evaluation against *B. oleae*.This study aims to carry out a screening of 104 varieties of olive trees from the world collection of Tassaout-Marrakech to characterize their infestation by the olive fruit fly *B. oleae*.

MATERIALS AND METHODS

Study area

The experimental domain of Tassaout-Marrakech, which covers 130 ha, is 70 km from Marrakech on the road to Fez city. The altitude is 465 m above sea level, and the geographical coordinates are latitude 32°03’ north as latitude and 7°24’ West as longitude. The domain has a semi-arid climate with a cold and humid winter and a hot and dry summer. Summer temperatures are very high, with an average maximum of 37.7°C, and winter temperatures are low; the average is 4.9°C. The air humidity is about 40% on average in the summer. Rainfall is low and irregular in time and space, with an average of 240 mm/year; that of the last agricultural campaign (2020-2021) was 201 mm.

Study plots

Set up in 2003 at the experimental domain of Tassaout, the world olive germplasm contains 591 varieties from 14 olive-growing countries. The age of olive trees varies between 12 and 17 years. From this germplasm, we studied 104 varieties to evaluate their infestation by the olive fruit fly *B. oleae*. The varieties belonging to 12 countries (Table 1).

Table 1. Screened varieties and their origin

Countries	*Varieties*
Italy	32
Spain	26
Algeria	9
Syria	7
Egypt	6
Portugal	6
Morocco	6
France	4
Tunisia	3
Greece	3
Croatia	1
Lebanon	1
Total	**104**

Source: own elaboration

For each variety, 100 olives were sampled from the four cardinal directions of three trees and put into bags with the respective variety code, and brought back to the laboratory. For each variety, we took one sample on November 23th, 2020.

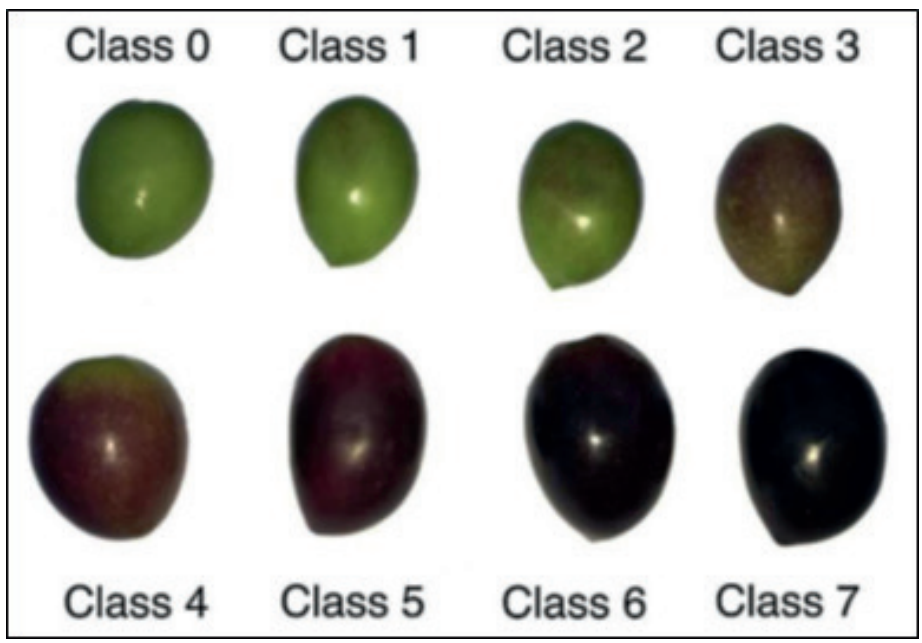
Measured parameters

In the laboratory, we measured the following parameters:

- The Weight of 100 fruits (g) (P100Fr)
- The ripeness index (Imat): We determined the ripeness index based on the assessment of the coloring of 100 olives taken randomly from each variety. These olives have been split into eight classes ranging from olives with intense green or dark green skin to olives with black skin and completely dark pulp (Ferreira, 1979).

Figure 1. Skin colour of fruits classification. Class 0. Intense Green skin; Class 1. Yellowish-green skin; Class 2. Green skin with redspots on less than half of the olive; Class 3. Reddish skin in more than half of the olive; Class 4. Black skin and white pulp; Class 5. Black skin and less than

half of the pulp in purple; Class 6. Black skin and more than half of the pulp in purple; Class 7. Black skin and all the pulp in purpl.



Source: Ferreira (1979).

The following formula permitted calculating the olives' ripeness index (RI): $RI = ni \times i / 100$ (i: the class ; ni: the number of olives in the class ; RI varies from 0 to 7).

Level of infestation by the olive fruit fly (Infest)

The infestation level is the ratio of the infested fruits to the total number of fruits sampled. We considered an olive infested by the olive fly when it shows feeding punctures or exit holes. During the year 2020, olives with exit holes are very rare. Thus from the 10400 olives examined on November, 23th 2020, only 11 exit holes were counted, and seven of second and third stage larvae. For this reason, it was decided to count also the oviposition and feeding punctures in order to have a clear idea of the extent of the infestation of olive varieties by *B. oleae*. According to the recorded infestation levels, we classified the olive varieties into 3 groups, the first group with a low infestation (FI) has an infestation between 2 and 10%, the second group with a medium infestation (MI) between 11 and 40% and the third group with a high infestation (TI) includes varieties with an infestation level higher than 45%.

Statistical analysis

To characterize and classify the 104 olive varieties -into more or less similar groups- according to the different parameters (infestation rate, weight of 100 fruits, and ripeness index), we used

Principal Component Analysis PCA. Then, we use the hierarchical cluster analysis based on the Euclidean similarity index and complete linkage method. We used GENSTAT version 18 to achieve the (PCA) and the Analysis of Variance (ANOVA) with SAS version 9 to assess the significance between groups of similar varieties.

RESULTS

According to the infestation classes, we note that the class of low-infested varieties contains 24, one of the medium-infested contains 67, and the highly infested varieties are 13.

Variation of infestation

From the 104 varieties, the least Italian-infested varieties are six (Ottobratica, Grapolo, Morcone, Olivastra di Populonia, Sivigliana da Olio and Rossellino Cerretano), which showed an infestation rate lower or equal to 10%.

The varieties from Greece had infestation rates of 22% in a Koroneiki variety and 66% in the variety Vasilikada. The variety Zael al Muhra of Syrian origin was less infested than the other Syrian varieties studied, with an infestation rate of 10%.

Among the French olive varieties, Aglandau is less infested (10%) compared to the other varieties: Picholine, Lucques, and Bouteillan.

The least susceptible variety among the Portuguese olive varieties was the variety Galega Vulgar which showed an infestation rate of 2% less than the other varieties.

The Spanish olive varieties Arbequina, Sevillenca, Blanqueta, and Fulla de Salze, were less susceptible and showed infestation rates of 2, 4, 6, and 8% consecutively.

The Egyptian variety El Salam and the Tunisian variety Zalmati were the least infested varieties of Arab origin, with an infestation rate of 2% each. Among the Algerian varieties studied, the variety Souidi is less susceptible to *B. oleae* and displayed an infestation rate of 12%. The Moroccan variety Berri Meslal showed 24% infestation being the less sensitive of the Moroccan varieties. Thus, Picholine Marocaine, Dahbia, and Haouzia recorded an infestation of 39, 40, and 42% successively.

Variation of infestation according to ripeness index

The results reveal that for all olive varieties, the ripeness index varies from 0.88 to 5. For the class of low-infested varieties, the ripeness index varies from 1 (Morrut variety from Spain) to 5

(Rossellino Cerretano variety from Italy). The moderately infested varieties have ripeness indices between 0.9 (Bouteillan variety from France) and 4 (Picudo variety from Spain). The last class of highly infested varieties has the lowest ripeness indices ranging from 0.88 (Nocellara del Belice variety from Italy) to 3.22 (Maurino variety from Italy).

Variation of infestation according to the weight

Concerning the variation of weight, results showed a positive correlation between the level of infestation and the weight. Indeed, low-infested olive varieties have the lowest olive weight, while high-infested varieties have the highest weight.

PCA results

The first principal component (PC1) is highly correlated with the infestation rate (0.708) and the weight of 100 olives (0.672) since these two variables are highly correlated with each other (r=0.62***). The second principal component (PC2) is highly correlated to the ripeness index (0.949) (Table 2).

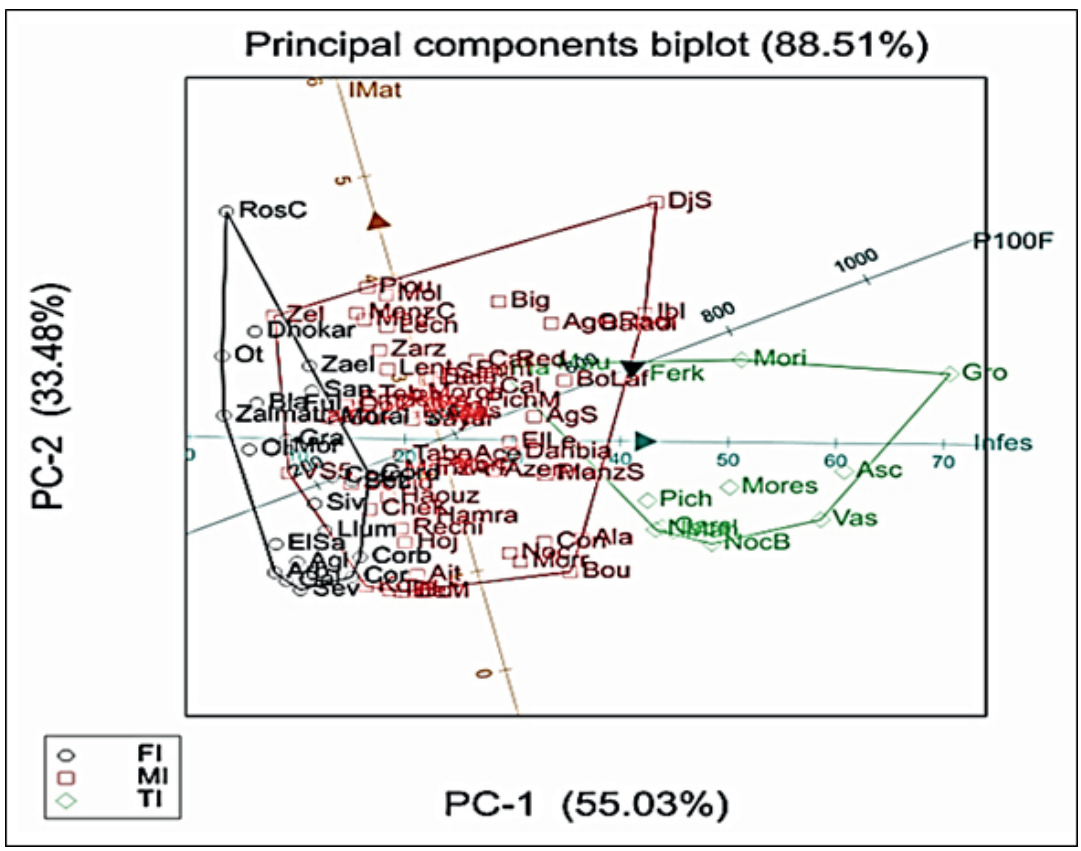
Table 2. PCA loadings.

Axes	*PC1*	*PC2*	*PC3*
Ripeness index	-0.216	0.949	0.229
Infestation	0.708	-0.009	0.706
Weight of 100 olives	0.672	0.315	-0.670

Source: own elaboration

The PCA permitted to highlight of the correlations between the different variables and highlight the traits with maximum variability. The first two principal components PC1 and PC2 represent 55.03 and 33.48% of the total variance respectively, accumulating 88.51% of the variability (Figure 2). The variation between varieties given by the PC1 is mainly due to the infestation rate followed by the weight of 100 fruits, while the varieties in PC2, exhibited better performance for ripeness index. The results revealed that according to the infestation, 89% of varieties have infestations lower than or equal to 40%; the Grossane di Spagna variety from Italy at the extreme right of the figure has the highest weight and the highest infestation rate. On the extreme left, the Italian variety Rossellino Cerretano has a low infestation rate and a low weight.

Figure 2. Representation of the varieties in the first PCA plan (PC1 and PC2). Weight of 100 olives (P100Fr), Ripeness index (Imat) Infestation (Infest).

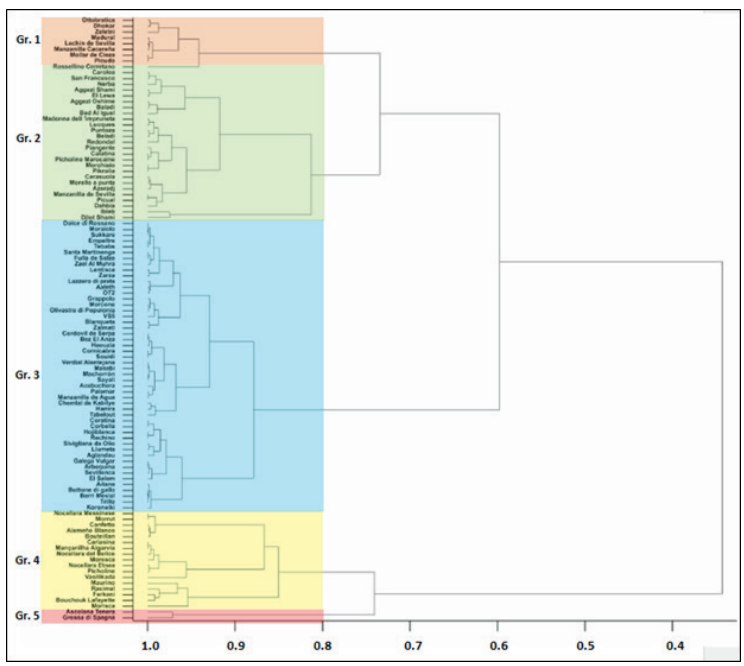


Source: own elaboration

Clusters

Figure 3 shows the clusters of varieties with their respective similarity in conjunction with the three parameters studied and the distances between the groups. If we slice the dendrogram to the right, there are fewer final clusters, but their level of similarity is lower. Going to the left of the dendrogram, the level of similarity becomes higher, but there are more final clusters. Therefore, we chose an 80% similarity level. This level allowed the formation of five groups. The first group (G5) contains the varieties Grossane di Spagna and Ascolana tenera. The second group (G4) contains 17 varieties. The distance between these two groups is small, which means that these varieties are close to each other. The third group (G3) including 50 varieties, has a greater distance from the fourth group (G2) with 26 varieties, and the last group (G1) has 9 varieties.

Figure 3. Dendrogram of the olive varieties obtained by hierarchical cluster analysis using Euclidean similarity and complete linkage Method



Source: own elaboration

The mean similarities matrix shows an intra-group similarity varying from 94.8 to 98.1%. However, the similarity between the groups ranges from 56.7 and 93% (Table 3).

Table 3. Between and within groups' similarity matrix

1					98.1
2			92.0		96.1
3		91.4		93.0	96.8
4	78.3		91.1	86.0	94.8
5	56.7	78.9	65.0	87.1	97.1
	1	2	3	4	5

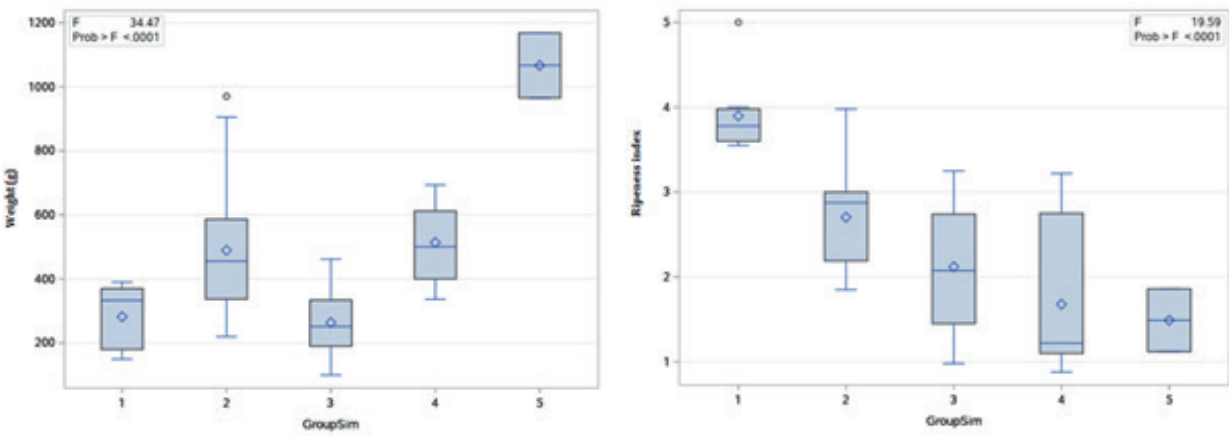
Source: own elaboration

ANOVA results

We used ANOVA to determine the significant difference between the five groups generated by the cluster analysis. The difference between the five groups for the weight is very highly significant ($P<0.0001$). Figure 4 shows the weight distribution of 100 fruits according to the five groups.

About the weight of 100 olives, the similar groups are 1 and 3, and 2 and 4 while group 5 is distinct. The five groups are significantly different (P<0.001) for the ripeness index. For this variable, two homogeneous subsets overlap; groups 3, 4, and 5 and groups 2, 3, and 4. Group 1 is significantly different from all the other groups.

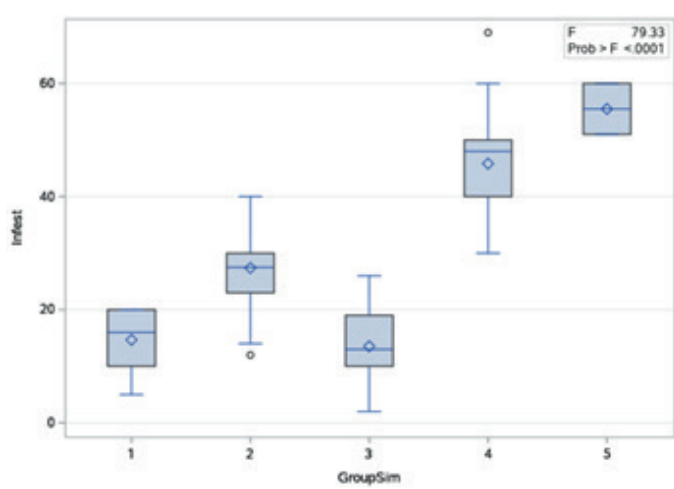
Figure 4. Boxplots of the weight of 100 olives and the ripeness index of different groups of similar varieties.



Source: own elaboration

For the *B. oleae* infestation level, the results show a highly significant difference between the five groups (P<0.001). However, groups 1 and 3 are almost identical having the lowest infestation rate (Figure 5).

Figure 5. Boxplots of the infestation of different groups of similar varieties.



Source: own elaboration

Cluster characteristics

The five groups formed are characterized as shown in table 4. The result reveals that the levels of the three variables vary from one group to another. When classifying the varieties, group 5 contains the varieties with a high average weight and a high average infestation rate, while the maturity index has the lowest value. The lower weight of 100 olives and a lower infestation characterized group 3, while group 1 contains varieties characterized by a high average ripeness index.

Table 4: Average weight, ripeness index, and infestation for the five groups (Data in the same column followed by the same letter are not significantly different at the 5% level (Student-Newman-Keuls).

	Number of varieties	*weight of 100 fruits (g)*	*Ripeness index*	*Infestation level*
Group 1	9	281.95±34.11a	3.89±0.14a	14.67±1.9a
Group 2	26	489.48±37.13b	2.7±0.10b	27.38±1.4b
Group 3	50	263.5±13.6a	2.12±0.10bc	13.54±0.9a
Group 4	17	513.7±28.06b	1.67±0.2c	45.82±2.39c
Group 5	2	1066.81±101.45c	1.49±0.37c	55.5±4.5d

Source: own elaboration

DISCUSSION

Among the heavily infested varieties, the Italian variety Grossane di Spagna (Gro) has an infestation level of 60%. This variety is susceptible to fly attacks with active infestation levels above 20% (Iannotta *et al.*, 2007). In addition, the Italian variety Nocellara del Belice (NocB) and the French variety Picholine (Pich) showed infestation levels of 50%; this rate is almost similar to that reported by Iannota *et al.* (2007) of around 43.5% (Pich) and 46.5% (NocB) respectively. The Italian variety Ascolana tenera (Asc) having a high infestation level of 51% in Marrakech conditions, was less infested according to Iannotta *et al.* (2007)

Under our conditions, the variety Moresca (Mores) shows an infestation rate of 50%, which differs from results mentioning this variety as the least susceptible to B.oleae infestation (Rizzo *et al.*, 2012). The variety Ferkani (Ferk) of Algerian origin is also among the highly infested varieties (50%), this level close to 44.67% found by Medjkouh *et al.* (2018).

The medium infestation class includes 64.4% of the characterized varieties. Among the moderately infested Moroccan varieties, Picholine Marocaine has an infestation rate of 39%. Many authors have reported this variety as susceptible to the olive fly fruit (Arambourg, 1984; Neuenschwander et al., 1986; Bueno and Jones 2002; Garantonakis et al., 2017).

The varieties Azeradj (Azer), Bouchouk Lafayette (BoLaf), and Chemlal de Kabilye (Chek) of Algerian origin are moderately infested; with 20 to 40% infestation. According to Tamendjari *et al.* (2009), the same varieties have higher infestation levels of 54-80% under Algerian conditions. On the opposite, the variety Souidi presented an infestation rate of 21% (Medjkouh *et al.*, 2018) ranking thus among the moderately infested varieties.

The Portuguese variety Madural has 15% infestation white it was previously considered highly infested (85 and 88% infestation) (Gonçalves *et al.*, 2012).

Among the low-infested varieties, the Spanish variety Arbequina has an infestation level of 2%. Azimi *et al.* (2014), Garantonakis *et al.* (2016), and Quesada-Moraga *et al.* (2018) mentioned that the variety Arbequina had a lower infestation rate; this result corroborates with our results while previously, Iannota *et al.* (2007) reported an infestation level of 28% on this variety.

CONCLUSION

The study concerns the characterization of 104 olive varieties from the germplasm bank of Tassaout-Marrakech against the olive fruit fly *Bactrocera oleae* infestation. The PCA analysis permits the classification of all the varieties according to the three variables: Ripeness index, the weight of 100 fruits, and the infestation level by the *B. oleae*. The results reveal that the variation between varieties is mainly due to the infestation rate followed by the weight of 100 fruits.

This investigation, conducted in 2020, coincided with a year in which active infestation by the fly was very low and even irrelevant, due to the unfavorable weather conditions. From this perspective, we suggest this same research should be repeated on the same varieties and even include more varieties of the Tassaout-Marrakech olive germplasm to complement the screening and the characterization of the whole national and international olive patrimony.

REFERENCES

Arambourg, Y. (1984): 'La faune entomologique de l'olivier', Olivae, 4, 14-37.

Azimi, M., Al-taqdisi, M. & Kayhanian, A. A. (2014): 'Comparison of contamination rate of 22 olive cultioms to olive fruit flies, *Bactrocera oleae* (Dip.: Tephritidae), in Tarom Olive Research Station, Zanjan Province', Newsletter of Iranian Entomological Association, 34 (4), 69-81.

Belcari, A., Sacchetti, P., Rosi, M. C., & Del Pianta, R. (2005): 'The use of copper products to control the olive fly (*Bactrocera oleae*) in central Italy', IOBC WPRS Bulletin, 28 (9), 45.

Bueno, A. M., & Jones, O. (2002): 'Alternative methods for controlling the olive fly, *Bactrocera oleae*, involving semiochemicals', IOBC wprs Bulletin, 25 (9), 147-156.

Burrack, H. J., Connell, J. H. & Zalom, F. G. (2008): 'Comparison of olive fruit fly (*Bactrocera oleae* (Gmelin)) (Diptera: Tephritidae) captures in several commercial traps in California', International Journal of Pest Management, 54: 3, 227 234, doi: 10.1080/09670870801975174.

Daane, K. M., & Johnson, M. W. (2010): 'Olive fruit fly: managing an ancient pest in modern times' Annual review of entomology, 55, 151-169, doi.org/10.1146/annurev.ento.54.110807.090553.

Ferreira, J. (1979): 'Explotaciones olivareras colaboradoras', no. 5. Ministerio de Agricultura, Madrid.

Garantonakis, N., Varikou, K., Markakis, E., Birouraki, A., Sergentani, C., Psarras, G., & Koubouris, G. C. (2016): 'Interaction between *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) infestation and fruit mineral element content in Olea europaea (Lamiales: Oleaceae) varieties of global interest', Applied Entomology and Zoology, 51(2), 257-265.

Garantonakis, N., Varikou, K., & Birouraki, A. (2017): 'Influence of olive variety on biological parameters of *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae)', Applied Entomology and Zoology, 52(2), 189-196.

Gonçalves, M. F., Malheiro, R., Casal, S., Torres, L., & Pereira, J. A. (2012): 'Influence of fruit traits on oviposition preference of the olive fly, *Bactrocera oleae* (Rossi) (Diptera: Tephritidae), on three Portuguese olive varieties (Cobrançosa, Madural and Verdeal Transmontana)', Scientia Horticulturae, 145, 127-135.

Haniotakis, G. E. (2005): 'Olive pest control: present status and prospects', IOBC wprs Bulletin, 28 (9), 1.

Iannotta, N., Noce, M. E., Ripa, V., Scalercio, S., & Vizzarri, V. (2007): 'Assessment of susceptibility of olive cultivars to the *Bactrocera oleae* (Gmelin, 1790) and *Camarosporium dalmaticum* (Thüm.) Zachos & Tzav.-Klon. attacks in Calabria (Southern Italy)', Journal of Environmental Science and Health, 42 (7), 789-793.

Kakani, E. G., Zygouridis, N. E., Tsoumani, K. T., Seraphides, N., Zalom, F. G., & Mathiopoulos, K. D. (2010): 'Spinosad resistance development in wild olive fruit fly *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) populations in California', Pest Management Science: formerly Pesticide Science, 66 (4), 447-453.

Knap, T., & Bandelj, D. (2017). Microsatellite analysis revealed a different approach of control of olive fly population (*Bactrocera oleae*) in Slovenia. Journal of Applied Entomology, 141 (4), 256-265.

Martínez-Pertíñez, Á., & Vélez, P. M. (2020): 'A *Bactrocera oleae* (Rossi) damage estimation model to anticipate pest control strategies in olive production', Crop Protection, 137, 105281, doi. org/10.1016/j.cropro.2020.105281.

Medjkouh, L., Costa, A., Tamendjari, A., Bekdouche, F., Bouarroudj, K., & Oliveira, M. B. P. P. (2018): 'Susceptibility of eight Algerian olive varieties to *Bactrocera oleae* infestation–a pomological and nutritional quality perspective', Phytoparasitica, 46 (5), 595-605.

Neuenschwander P., Michelakis S. & Kapatos E. (1986): *Dacus oleae* Gmel., Entomologie oléicole, C. O. I. Madrid 28006 Espagne, pp: 115-159.

Pascual S., Sánchez-Ramos I. and Gonzál M. (2010): 'Repellent/deterrent effect of kaolin and copper on *Bactrocera oleae* oviposition in the laboratory', IOBC/WPRS Bulletin, 59, 83-88.

Quesada-Moraga, E., Santiago-Álvarez, C., Cubero-González, S., Casado-Mármol, G., Ariza-Fernández, A., & Yousef, M. (2018): 'Field evaluation of the susceptibility of mill and table olive varieties to egg-laying of olive fly', Journal of Applied Entomology, 142 (8), 765-774.

Rizzo, R., Caleca, V., & Lombardo, A. (2012): 'Relation of fruit color, elongation, hardness, and volume to the infestation of olive cultivars by the olive fruit fly, *Bactrocera oleae*', Entomologia Experimentalis et Applicata, 145 (1), 15-22.

Tamendjari, A. & Sahnoune, Mohamed & Mettouchi, S. & Angerosa, F. (2009): 'Effect of *Bactrocera oleae* infestation on the olive oil quality of three Algerian varieties: Chemlal, Azzeradj and bouchouk', Rivista Italiana delle Sostanze Grasse, 86,103-111.

Yousef, M., Lozano-Tovar, M. D., Garrido-Jurado, I., & Quesada-Moraga, E. (2013): 'Biocontrol of *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) with *Metarhizium brunneum* and its extracts', Journal of Economic Entomology, 106 (3), 1118-1125, doi.org/10.1603/EC12489.

EVALUACIÓN DE LA EROSIÓN DEL SUELO EN PAISAJES MEDITERRÁNEOS DE OLIVAR BAJO DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO

Prats, Sergio A. MED – Mediterranean Institute for Agriculture, Environment and Development & CHANGE – Global Change and Sustainability Institute, Instituto de Investigação e Formação Avançada, Universidade de Évora, Pólo da Mitra, Ap. 94, 7006-554 Évora, Portugal, sergio.prats@uevora.pt
Rodríguez Sousa, Antonio Alberto. Universidad Complutense de Madrid, España, antonr05@ucm.es. MED – Mediterranean Institute for Agriculture, Environment and Development, Universidad de Évora, Portugal, aars@uevora.pt
Correia-Sanches, Ana Rita. MED – Mediterranean Institute for Agriculture, Environment and Development & CHANGE – Global Change and Sustainability Institute, Departamento de Geociências, Universidade de Évora, Pólo da Mitra, Ap. 94, 7006-554 Évora, Portugal, arcs@uevora.pt
Brígido, Clarisse, MED – Mediterranean Institute for Agriculture, Environment and Development & CHANGE – Global Change and Sustainability Institute, Departamento de Geociências, Universidade de Évora, Pólo da Mitra, Ap. 94, 7006-554 Évora, Portugal, ccb@uevora.pt
Pinto-Correia, Teresa. MED – Mediterranean Institute for Agriculture, Environment and Development & CHANGE – Global Change and Sustainability Institute, Departamento de Geociências, Universidade de Évora, Pólo da Mitra, Ap. 94, 7006-554 Évora, Portugal, mtpc@uevora.pt
Muñoz-Rojas, José. MED – Mediterranean Institute for Agriculture, Environment and Development & CHANGE – Global Change and Sustainability Institute, Departamento de Geociências, Universidade de Évora, Pólo da Mitra, Ap. 94, 7006-554 Évora, Portugal, jmrojas@uevora.pt

RESUMEN: Los países de la cuenca Mediterránea producen casi el 70% del aceite de oliva mundial. Debido al incremento de la demanda de aceite, los olivares están sufriendo una rápida expansión e intensificación, con incrementos del uso de herbicidas químicos, laboreo, fertirrigación, y densidades de plantación. Este proceso es evidente en el Alentejo Portugués, conllevando impactos que amenazan su sostenibilidad (i.e. erosión, degradación de hábitats). El objetivo principal de este estudio consiste en evaluar los impactos de los diferentes modelos de manejo del olivar en el Alentejo (Portugal) sobre los procesos erosivos a diversas escalas espacio-temporales, considerando factores como la edad de los árboles, la densidad de plantación, y la gestión de la vegetación herbácea. En este sentido se está realizando un control experimental de la erosión a través de parcelas a escala localizada (1 m^2) y de ladera (300 m^2), además de evaluar la capacidad de secuestro de carbono de estos olivares y analizar qué factores son los condicionantes de los procesos erosivos. Los resultados preliminares (septiembre 2021-febrero 2022) evidenciaron que, a pesar de ser un periodo seco (i.e. 149 mm de precipitación), la pérdida de suelo en ladera

fue superior en los olivares con herbicidas respecto a aquéllos de reciente implantación, siendo insignificante en parcelas con laboreo y control mecánico de la vegetación herbácea. Sin embargo, a escala de la pequeña parcela (1m2) la pérdida de suelo fue superior en fincas con laboreo respecto a las plantaciones en las que usaron herbicidas. Merece la pena destacar cómo la concentración de materia orgánica en los sedimentos fue mayor en las parcekas con las menores tasas de erosión. Estos resultados sirven como argumento para la concienciación de los agricultores sobre los problemas ligados a la gestión convencional de los paisajes de olivar, sirviendo para realizar recomendaciones hacia una gestión alternativa del olivar que incremente su sostenibilidad.

PALABRAS CLAVE: Dinámica de paisajes, Erosión de suelos, Gestión del olivar, Intensificación agraria, Sostenibilidad

ABSTRACT: The Mediterranean basin countries produce almost 70% of the world's olive oil. Due to the increasing global demand for olive oil, olive groves are undergoing progressive expansion and intensification, resulting in the increased use of chemical herbicides, tillage, fertigation, and plant densities. This process is evident in Alentejo (Portugal), leading to impacts that threaten its sustainability (i.e. erosion, habitat degradation). The region main objective of this study is to assess the impacts of different olive grove management models in Alentejo (Portugal) on erosion processes across various spatial and temporal scales, considering factors such as tree age, plant density, and herb control. Experimental erosion control is being carried out through experimental plots at localized (1 m^2) and hillside (300 m^2) scales, in addition to assessing the carbon sequestration capacity of these groves and analyzing which drivers are influencing soil erosion processes. Preliminary results (September 2021-February 2022) showed that, despite low rainfall rates (i.e. 149 mm), soil loss on slopes was higher in herbicide-treated olive groves than in newly planted ones, and was negligible in plots with tillage and mechanical herb control. However, on a localized scale, soil loss was higher in farms with tillage than in farms with herbicides. It is worth noting that organic matter content was higher at the erosion levels. These results will serve as an argument for raising farmers' awareness about the problems linked to standard olive landscape management, resulting in recommendations for alternative olive grove management options that enhance their sustainability.

KEYWORDS: Agricultural intensification, Landscape dynamics, Olive grove management, Soil erosion, Sustainability

1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

Casi el 70% del aceite de oliva mundial se produce en países mediterráneos. Con la finalidad de responder a una creciente demanda global, los olivares están sufriendo una expansión e intensificación progresiva, dando lugar a una homogeneización del paisaje (Infante-Amate *et al*., 2016).

Este proceso está siendo especialmente agudo en la región del Alentejo (Portugal). La ausencia de un plan coordinado que guíe esta expansión está derivando en una simplificación paisajística, donde los nuevos paisajes de olivar presentan impactos negativos (i.e. baja o nula conectividad, degradación de hábitats) que cuestionan su sostenibilidad.

El objetivo del presente estudio consiste en evaluar los impactos de diferentes modelos de gestión del olivar en el Alentejo (Portugal) sobre los procesos erosivos. Los objetivos específicos son:

a) control experimental de la erosión a través de parcelas experimentales a escala localizada (1 m^2) y de ladera (300 m^2);

b) evaluación de los contenidos de materia orgánica edáfica; y

c) evaluación de los factores clave que afectan a la erosión hídrica por salpicadura, laminar y en surcos.

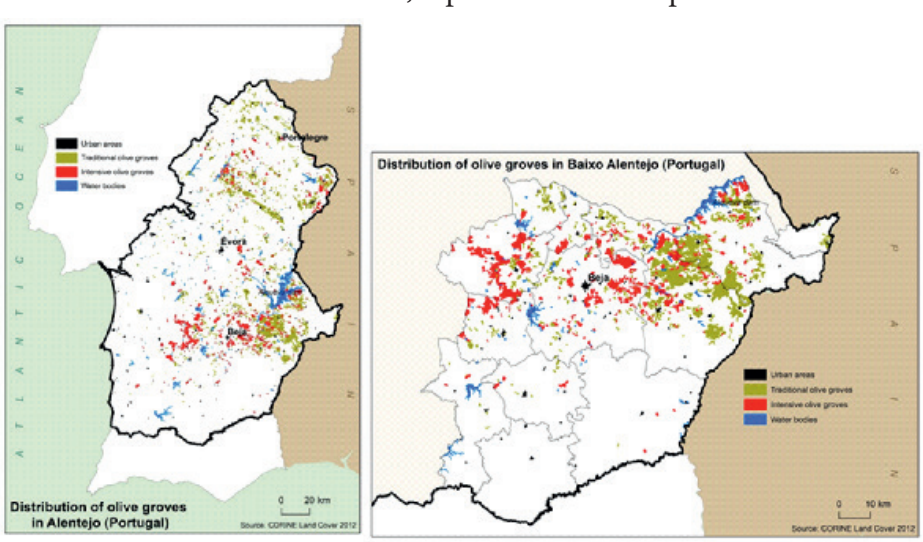
2. METODOLOGÍA

2.1. Área de estudio

El área de estudio fue el olivar de la región de El Alentejo (Portugal) (Figura 1). Dicha región presenta un clima mediterráneo con temperaturas medias de hasta 17º C y una precipitación anual de 450-750 mm.

El olivar representa el 9% de la superficie agrícola útil a nivel regional (EDIA, 2019), conformando paisajes heterogéneos (Palma *et al.*, 2010). Los olivares se sitúan sobre suelos graníticos con esquistos que, en ocasiones, pueden ser calcáreos y de textura franca, con una profundidad de hasta 150 cm de profundidad, presentando una altitud de entre 200-600 metros sobre el nivel del mar (msnm).

Figura 1. Localización del área de estudio, representando la superficie olivarera.



Fuente: elaboración propia.

2.2. Caracterización del área de estudio, toma y procesado de muestras

Teniendo en cuenta la heterogeneidad del olivar en el Alentejo, dichos cultivos presentan gestiones diversas. Acorde a la densidad de plantación (AEMO, 2012), existen olivares extensivos (50-200 árboles ha^{-1}), intensivos (200-600 árboles ha^{-1}) y altamente-intensivos (1000-2000 árboles ha^{-1}), todos los cuales pueden ser tanto convencionales, como integrados u orgánicos en su gestión. Si tenemos en cuenta la gestión del suelo de las parcelas (i.e. coberturas vegetales, entre otras características), podemos encontrar gestiones donde no se implementan prácticas sostenibles, y otras donde se implementan coberturas vegetales edáficas vivas o inertes, incluyendo fincas con gestión biodinámica.

Se llevaron a cabo muestreos en diversas explotaciones, siguiendo fundamentalmente 3 criterios para la clasificación del olivar (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación del olivar en las parcelas de estudio.

Gestión	*Edad de los árboles (años)*	*Densidad de plantación (árboles ha^{-1})*	*Control de malas hierbas*
Extensiva	100	50	Herbicidas
Intensiva	15	250	Laboreo superficial
Altamente-intensiva	2	1800	Desbroce

Fuente: elaboración propia.

Para cada tipo de gestión, se establecieron 3 parcelas experimentales para la captura de sedimentos a dos escalas espaciales: a) escala localizada (1 m^2); y b) escala de ladera (300 m^2).

Entre septiembre 2021 y febrero 2022 se recolectaron los sedimentos perdidos por erosión 2 veces. La cantidad de suelo recogida se pesó en campo, recogiendo muestras de cada tipo de gestión analizada con la finalidad de, en laboratorio, realizar en un futuro cercano análisis de parámetros físico-químicos edáficos (i.e. textura y estructura del suelo, contenido en materia orgánica y carbono), y análisis característicos de microbiología edáfica.

3. RESULTADOS PRELIMINARES

Los resultados obtenidos a lo largo de 5 meses (septiembre 2021-febrero 2022) evidenciaron cómo, a pesar de unos niveles anormalmente bajos de precipitación otoñal e invernal (i.e. 149 mm), la pérdida de suelo a escala de ladera (i.e. 300 m^2) fue superior en aquéllos olivares extensivos con una densidad de 50 árboles ha^{-1}, donde se aplican herbicidas como medida de control de vegetación herbácea (i.e. 14,9 Mg ha^{-1}) respecto a olivares altamente-intensivos de nueva plantación de hasta 1800 árboles ha^{-1} (i.e. 3,4 Mg ha^{-1}), siendo dicha pérdida mucho más elevada que en olivares intensivos con laboreo superficial (250 árboles ha^{-1}), donde la pérdida de suelo fue prácticamente despreciable (i.e. 0-0,4 Mg ha^{-1}).

Por otro lado, a escala localizada (1 m^2), la erosión en fincas con laboreo y gestión intensiva (250 árboles ha^{-1}) fue de 2,2-5,6 Mg ha^{-1}, siendo superior a la pérdida de suelo en parcelas de gestión extensiva (50 árboles ha^{-1}) tratadas con herbicidas (i.e. 0,4 Mg ha^{-1}).

Por último, las pérdidas estimadas de materia orgánica hasta el momento fueron superiores (i.e. 25%) en parcelas con erosión leve-moderada, respecto a parcelas con erosión severa, donde la pérdida de materia orgánica representó un 10% de los sedimentos recolectados.

4. DISCUSIÓN

Existen diferentes factores (i.e. económicos, sociales) que amenazan la sostenibilidad del olivar. Dentro de las amenazas ambientales destacan los fenómenos erosivos edáficos (Gómez *et al.*, 2014). Aunque la erosión puede ser eólica o hídrica, ésta última se consolida como el principal factor responsable de la degradación de los cultivos. Aunque sus efectos pueden ser controlados a través de la implementación de cubiertas vegetales, las tendencias actuales en el Alentejo, basadas en la intensificación agraria presentan prácticas (i.e. inputs energéticos, riego, laboreo) que maximizan la pérdida de suelo, ocasionando graves perjuicios ambientales que pueden impactar negativamente la producción agrícola (Gómez *et al.*, 2014).

Pese a que los resultados del estudio son aún provisionales, y responden a un período con bajas precipitaciones, la mayor pérdida de suelo a escala de ladera observada en olivares con herbicidas confirma cómo estos activan la erosión por surcos debido a su impacto negativo sobre las cubiertas vegetales (Nunes *et al.*, 2018). La mayor erosión localizada en parcelas con laboreo evidencia el efecto negativo de la movilización del suelo, dando lugar a erosión por salpicadura (Gómez *et al.*, 2014). Adicionalmente, la mayor pérdida de materia orgánica en las parcelas con menor erosión se debe a su mayor presencia inicial en los sistemas menos degradados.

Los resultados evidenciaron, en general, un efecto negativo de la intensificación hacia la sostenibilidad edáfica del olivar, con severas repercusiones a escala de paisaje. Esto debe fomentar la promoción de prácticas de conservación del suelo, garantía de sostenibilidad agrícola.

5. CONCLUSIONES

La mayor erosión vinculada al empleo de herbicidas y laboreo es un indicador de las externalidades negativas de la intensificación agrícola. Los resultados obtenidos se emplearán como argumento, a través de actividades de difusión, para concienciar a los actores sociales sobre los problemas derivados de la homogeneización de los paisajes olivareros.

El estudio planteado se prolongará por 2 años, donde se ampliarán las experiencias actuales, incorporando la variabilidad interanual respecto a las precipitaciones a escala regional. De forma

adicional, se abordarán las consecuencias de la erosión sobre la pérdida de carbono y nutrientes de los cultivos, con la finalidad de proponer mejoras en la gestión del olivar.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido realizado en el marco del proyecto de investigación SUSTAINOLIVE (https://sustainolive.eu/?lang=en [accessed on: 29 May 2022]), financiado por el programa PRIMA EU, y que a su vez financia el contrato de investigación del último autor. Todos los autores agradecen el apoyo de la FCT (Fundación de Ciencia y Tecnología - Portugal), al laboratorio asociado CHANGE y al Mediterranean Institute for Agriculture, Environment and Development (MED) de la Universidad de Évora, financiado a través del Proyecto UIDB/05183/2020. El primer y cuarto autor fueron apoyados por contratos de investigador auxiliar (CEECIND/01473/2020 y CEECIND/00093/2018, respectivamente) financiados por la Fundación para la Ciencia y la Tecnología (FCT/MCTES). Antonio Alberto Rodríguez Sousa, investigador de la Universidad Complutense de Madrid (UCM) cedido al MED y Universidad de Évora, siendo Investigador Principal del Proyecto ASMO - Análisis comparativo de la Sostenibilidad y Multifuncionalidad Olivarera en dos regiones de la Península Ibérica a través de un enfoque de ecología del paisaje: el Alentejo (Portugal) y el Sureste de Madrid (España), fue apoyado por un Contrato Postdoctoral Margarita Salas para la Formación de Jóvenes Doctores (Convocatoria plurianual para la recualificación del Sistema Universitario Español para 2021-2023; https://www.ucm.es/ct31-21) financiado por la UCM a través del Ministerio de Universidades, Gobierno de España y Unión Europea – NextGenerationEU.



6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEMO. (2012): «Aproximación a los costes del cultivo del olivo. Cuaderno de conclusiones del seminario AEMO», *Asociación Española de Municipios del Olivo*, *Córdoba, España*, <http://www.webcitation.org/77MCvuNPx> (consulta: 12/4/2022).

EDIA, 2019. «Olival em Alqueva. Caracterização e Perspetivas». Beja, Portugal. https://www.edia.pt/wp-content/uploads/2021/03/olival_digital.pdf (consulta: 14/4/2022).

Gómez, J. A., Infante-Amate, J., De Molina, M. G., Vanwalleghem, T., Taguas, E. V., Lorite, I. (2014): «Olive cultivation, its impact on soil erosion and its progression into yield impacts in Southern Spain in the past as a key to a future of increasing climate uncertainty», *Agriculture*, 4(2), 170-198, doi: 10.3390/agriculture4020170.

Infante-Amate, J., Villa, I., Aguilera, E., Torremocha, E., Guzmán, G., Cid, A., González de Molina, M. (2016): «The making of olive landscapes in the south of Spain. A history of continuous expansion and intensification», *Environ Hist Durh N C*, 5, 157-179, doi: 10.1007/978-3-319-26315-1_8.

Nunes, J. P., Bernard-Jannin, L., Rodríguez Blanco, M. L., Santos, J. M., Coelho, C. D. O. A., Keizer, J. J. (2018): «Hydrological and erosion processes in terraced fields: observations from a humid Mediterranean region in Northern Portugal», *Land Degrad Dev*, 29(3), 596-606, doi: 10.1002/ldr.2550.

Palma, P., Alvarenga, P., Palma, V. L., Fernandes, R. M., Soares, A. M., Barbosa, I. R. (2010): «Assessment of anthropogenic sources of water pollution using multivariate statistical techniques: a case study of the Alqueva's reservoir, Portugal», *Environ Monit Assess*, 165(1), 539-552, doi: 10.1007/s10661-009-0965-y.

PRODUCCIÓN DE ACEITES DE OLIVA CON CONTROL RIGOROSO EN COMPUESTOS QUE PRESENTAN TOXICIDAD

Akram Charfi, Alberto J. Moya López, Sebastian Sanchez Villasclaras*

Instituto Universitario de Investigación en Olivar y Aceites de Oliva, Departamento de Ingeniería Química, Ambiental y de Materiales, Grupo de Investigacion 'Bioprocesos' (TEP 138, Junta de Andalucia), Universidad de Jaén, 23071 Jaén, España.
ssanchez@ujaen.es

RESUMEN AMPLIADO: El objetivo de este estudio es aumentar la Seguridad Alimentaria de los Aceites de Oliva Vírgenes a través de la detección de puntos críticos donde la contaminación puede ser generada por metales pesados, plaguicidas, compuestos de ftalatos e hidrocarburos aromáticos policíclicos. Para este estudio se han adquiridos muestras de aceites comerciales del mercado junto a aceites obtenidos de parcelas limítrofes a autovías y de una finca experimental de tipología tradicional y producción convencional que pertenece a la Universidad de Jaén durante dos compañas oleícolas. En cada muestreo el fruto ha sido caracterizado y los aceites extraídos han sido analizados físico-químicamente. Para la caracterización físico-química de los aceites se han determinado los parámetros de calidad, incluyendo los compuestos fenólicos totales (CFT) y la estabilidad oxidativa (EO). La determinación de **la estabilidad oxidativa** de los aceites ha sido realizada mediante un equipo Rancimat, usando un caudal de aire de 10 dm^3/min y una temperatura de 120 ºC. La determinación de **compuestos fenólicos totales**, fue llevada a cabo el método de Vázquez-Roncero *et al*. (1993).

Posteriormente, se inició el estudio relacionado con la presencia de metales pesados, hidrocarburos policíclicos aromáticos, pesticidas y ftalatos en los aceites de oliva. Para la determinación de **metales pesados, s**e usó el método de Wu et al. (1997). En la determinación de **hidrocarburos policíclicos aromáticos (HAPs)** se aplicó el protocolo de Teixeira *et al.* (2007) con modificaciones realizadas por Ergönül y Sánchez (2013). La determinación de **residuos de pesticidas** en los aceites, se ha llevado a cabo mediante cromatografía de gases acoplado a un espectrómetro de masas, CG-MS (con columna capilar Zebron ZB-5MSplus, de 30 m × 0,25 mm × 0,25 µm). La determinación de glifosato, herbicida muy polar, se ha realizado mediante cromatografía líquida acoplada a un espectrómetro de masas, HPLC/MS, (con columna C18 Venusil HILIC 3 µm de Phenomenex, con dimensiones 100 × 2,1 mm). Finalmente, la determinación de **ftalatos** en los aceites, ha sido realizada mediante el protocolo utilizado por Pereira *et al.* (2019).

El estudio comparativo entre las aceitunas recogidas de suelo y de vuelo demuestra que el contenido de compuestos fenólicos totales (CFT) es tres veces más alto en aceites de aceitunas de vuelo (AV) con 726,21 mg CFT/kg aceite que en aceites procedentes de aceitunas suelo (AS) con un valor de 163,50 mg de CFT/kg aceite. Estos resultados están de acuerdo con los obtenidos por Moses y Ertan (2019). También, se ha establecido una correlación entre la concentración de

compuestos fenólicos totales y la estabilidad oxidativa (determinada a 120 ºC), siendo mayor la estabilidad oxidativa cuando aumenta el contenido de compuestos fenólicos.

Entre los **metales pesados** que se determinaron mediante ICP-Masas en los aceites obtenidos de la finca experimental, cabe destacar los cuatros metales más importantes que presentan toxicidad en este estudio: Cu, Zn, Pb y Fe. En el caso de la parcela experimental, cabe señalar que el cobre está en concentraciones más elevadas en AS que AV y que supera los límites permitidos como traza en las regulaciones europeas y del COI/T .15/NC No. 3 (0,1 mg Cu/kg aceite de oliva), detectándose en aceitunas de suelo concentraciones de 0,98 mg Cu/kg aceite. Estos valores están de acuerdo con los indicados en los trabajos de Zhu *et al.* (2011), Mendil *et al.* (2009), y Moses y Ertan (2019). Se ha estudiado también la presencia de estos cuatros contaminantes en aceites obtenidos de parcelas. La determinación de estos compuestos en estas parcelas limítrofes con la autovía muestra unos valores altos en el caso del Cu y Pb, registrándose concentraciones de 0,68 y 0,10 mg/kg respectivamente, que están por encima de la norma del COI que es de 0,1 mg/kg aceite. El Fe tanto en la finca experimental, como en parcelas limítrofes a autovías, ha registrado un valor máximo de 0,41 mg/kg aceite que está muy por debajo de la normativa, COI/T .15/NC No. 3, que es de 3 mg/kg aceite. En relación al Mn y Zn, es necesario indicar que ambos elementos no están recogidos en la normativa.

Se han analizado **pesticidas** polares y no polares utilizando dos métodos: GC/MS y HPLC/MS. Las muestras caracterizadas (de aceitunas de vuelo y suelo) proceden de la finca experimental durante dos compañas oleícolas, 2020/21 y 2021/22, además de muestras de aceites comerciales clasificados por el envasador como aceites vírgenes. El análisis de los plaguicidas en esta finca experimental muestra que, aunque se trata de una explotación de producción convencional, los valores registrados de plaguicidas están por debajo de las normas de la UE, y la presencia de oxifluorfeno (2-cloro-4-trifluorometil-3'-etoxi-4'-nitro-difenil-éter) sólo se ha detectado en aceitunas procedente de suelo con valores de 0,22 mg/kg aceite que está por debajo de 1 mg/kg aceite según la normativa de la Unión Europea No. 149/2008.

En relación con los cinco tipos de aceites comerciales estudiados (vírgenes extra premium, vírgenes extra, vírgenes, aceites de oliva y de orujo de aceitunas), cabe destacar que se ha encontrado pesticidas en el caso del aceite virgen extra donde se ha detectado dos tipos de herbicidas oxifluorfeno con valor de 0,03 mg/kg aceite y diflufenican con una concentración de 0,01 mg/kg aceite que también está muy por debajo de 0,6 mg/kg aceite según el Reglamento (UE) No. 396/2005. En el caso de aceites de orujo de aceitunas se ha detectado la presencia de 4 pesticidas, Lambda-cihalotrina, cipermetrina, oxifluorfeno y ciflutrina con valores de 0,03, 0,02, 0,02 y 0,01 mg/kg aceite, respectivamente; todos están por debajo de lo indicado en la normativa para Lambda-cihalotrina (0,5 mg/kg aceite) según Reglamento (UE) 2021/590, para la cipermetrina (0,05 mg/kg aceite) según Reglamento (UE) 2017/626, para el oxifluorfeno (1,0 mg/kg aceite) según Reglamento (CE) No. 149/2008, y para ciflutrina (0,02 mg/kg aceite) según el Reglamento (UE) 2016/1902.

La determinación de **glifosato** se llevó a cabo en aceites procedentes de muestras de aceitunas de la finca experimental y en aceites comerciales clasificados como aceites de oliva vírgenes, no detectándose en ningún de estos aceites presencia de este herbicida.

En la determinación de HAPs en las muestras de aceites ensayadas se ha detectado la presencia de naftaleno, acenafteno, acenaftileno, benzopireno, benzo(ghi)perileno e indeno (1,2,3-cd) pireno, con valores superiores a lo indicado en trabajos previos llevados a cabo por Ergönül y Sánchez (2013) en el caso de aceites de orujo de aceitunas. Cabe destacar que en el caso de naftaleno se ha registrado valores elevados en aceites de orujo de aceitunas, por encima del límite impuesto por la Unión Europea (No. 835/2011) que es de 2 µg/kg aceite. En el caso de aceites obtenidos de fincas limítrofes a una autovía, se ha detectado la presencia de benzopireno, indeno (1,2,3-cd), acenafteno y acenaftileno con valores también por encima de la norma, encontrándose concentraciones de 2 µg/kg aceite. La presencia de hidrocarburos en estos aceites es debido al propio proceso de combustión que se realiza en los vehículos y a su salida de gases (humos) por el tubo de escape. Estos humos se pueden depositar en frutos y hojas de olivos. Es más probable que se encuentren estos compuestos en fincas de olivos limítrofes a autovías.

También, según el Reglamento de la Unión Europea No. 835/2011, la suma de benzopireno, benzoantraceno, benzo[b]fluoranteno y criseno no debe superar 10 µg/kg aceite, y por tanto en el caso de los aceites de orujo comerciales analizados no se cumple la normativa vigente.

Finalmente, la determinación de ftalatos en aceites comerciales (aceites de orujo de oliva y aceites de oliva vírgenes), y en aquellos obtenidos de una finca ubicada en el término municipal de Villadompardo (Jaén), solo ha mostrado la presencia de estos compuestos en las muestras de aceites de orujo de aceitunas, donde el envase era de Tereftalato de polietileno (PET), y la única molécula encontrada fue Di(2-etilhexil) ftalato (DEHP), en una concentración de 0,10 mg/kg aceite que está por debajo de lo indicado en el Reglamento de la Unión Europea No. 10/2011.

PALABRAS CLAVES: Aceites de oliva, Seguridad alimentaria, Metales pesados, Plaguicidas, Compuestos fenólicos, Estabilidad oxidativa, Ftalatos, Hidrocarburos aromáticos policíclicos

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al Consejo Oleícola Internacional, al Grupo de Investigación 'Bioprocesos' (TEP 138, Junta de Andalucía) y al 'Centro de Instrumentación Científico-Técnica' de la Universidad de Jaén.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Commission of the European Communities. Commission Regulation (EU) No. 835/2011 of 19 August 2011 amending Regulation (EC) No. 1881/2006 as regards maximum levels for polycyclic aromatic hydrocarbons in foodstuffs. *Official Journal of the European Union*, 2011, L 215/4.

Consejo Oleícola Internacional. Norma comercial aplicable a los aceites de oliva y los aceites de orujo de oliva. COI/T. 15/NC No. 3 (Rev. 17 de noviembre de 2021).

Ergönül G.P., Sánchez S. (2013): «Evaluation of polycyclic aromatic hydrocarbons content in different types of olive and olive pomace oils produced in Turkey and Spain», *The European Journal of Lipid Science and Technology*, 115, 1078-1084.

Mendil D., Uluözlüa D.Ö., Tüzena M., Soylak M. (2009): «Investigation of the levels of some element in edible oil samples produced in Turkey by atomic absorption spectrometry», *Journal of Hazardous Materials*, 165, 724–728

Moses F.L., Ertan A. (2019): «Investigation of trace metals in different varieties of olive oils from Northern Cyprus and their variation in accumulation using ICPMS and multivariate techniques», *Environmental Earth Sciences,* 78 578. 1-10.

Pereira R.J., Selbourne M., Pocas F. (2019): «Determination of phthalates in olive oil European market», *Food Control*, 98, 54-60.

Reglamento (CE) No. 149/2008 DE LA COMISIÓN de 29 de enero de 2008 por el que se modifica el Reglamento (CE) No. 396/2005 del Parlamento Europeo y del Consejo mediante el establecimiento de los anexos II, III y IV que estipulan límites máximos de residuos para los productos que figuran en el anexo I de dicho Reglamento.

Reglamento (UE) 2016/1902 DE LA COMISIÓN de 27 de octubre de 2016 que modifica los anexos II y III del Reglamento (CE) No. 396/2005 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo a los límites máximos de residuos.

Reglamento (UE) 2017/623 DE LA COMISIÓN de 30 de marzo de 2017 que modifica los anexos II y III del Reglamento (CE) No. 396/2005 del Parlamento Europeo y del Consejo por lo que respecta a los límites máximos de residuos.

Reglamento (UE) 2017/626 DE LA COMISIÓN de 31 de marzo de 2017 que modifica los anexos II y III del Reglamento (CE) No. 396/2005 del Parlamento Europeo y del Consejo por lo que respecta a los límites máximos de residuos.

Reglamento (UE) 2021/590 DE LA COMISIÓN de 12 de abril de 2021 por el que modifican los anexos II y IV del Reglamento (CE) No. 396/2005 del Parlamento Europeo y del Consejo.

Reglamento (UE) No. 10/2011 sobre materiales y objetos plásticos destinados a entrar en contacto con alimentos.

Teixeira V.H., Casal, S., Oliveira M.B.P. P. (2007): « PAHs content in sunflower, soybean and virgin olive oils: Evaluation in commercial samples and during refining process», *Food Chemistry*, 104, 106–112.

Vázquez A., Janer C., Janer M.L. (1973): «Determinación de polifenoles totales del aceite de oliva», *Grasas y Aceites*, 24, 350-357.

Wu S., Feng X., Wittmeier A. (1997): «Microwave digestion of plant and grain reference materials in nitric acid or a mixture of nitric acid or a mixture of nitric acid and hydrogen peroxide for the determination of multi-elements by inductively coupled plasma mass spectrometry», *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 12, 797–806

Zhu F., Fan W., Wang X., Qu L., Yao S. (2011): «Health risk assessment of eight heavy metals in nine varieties of edible vegetable oils consumed in China», *Food and Chemical Toxicology*, 49, 3081–3085.

EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ALPERUJO Y COMPOST DE ALPERUJO EN EL SUELO DEL OLIVAR

C. García-Ortiz Civantos*[1], J.A, García-Mesa[1], A. Fernández-Hernández[2].

[1] IFAPA Centro `Venta del Llano´ del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica.
[2] JAENCOOP

* concepcion.garciaortiz@juntadeandalucia.es

RESUMEN: El presente trabajo evalúa la posibilidad de que los compost de elaborados con alperujo, estiércol de oveja, urea, restos de poda y hojas de las limpiadoras puedan ser empleados para mejorar el contenido de materia orgánica en los suelos del olivar. Para la consecución de los objetivos se establece un diseño experimental completamente al azar con tres parcelas elementales por tratamiento en la que cada una está constituida por dos árboles adultos de la variedad 'Picual', cultivados en un marco de plantación de 12x12, empleando métodos tradicionales de cultivo y riego de apoyo situados en la Finca Experimental de IFAPA Centro Venta del Llano en Meníbar (Jaén).

PALABRAS CLAVE: alperujo, compostaje, olivar, economía circular

ABSTRACT: The present work evaluates the possibility that composts made with alperujo, sheep manure, urea, pruning remains and cleaner leaves can be used to improve the organic matter content in olive grove soils. To achieve the objectives, a completely randomized experimental design is established with three elementary plots per treatment, each consisting of two adult trees of the 'Picual' variety, grown in a 12x12 plantation frame, using traditional methods. of cultivation and support irrigation, located in the Experimental Farm of IFAPA Centro Venta del Llano in Meníbar (Jaén).

KEYWORDS: Two phase olive mil waste, composting, olive grove, circular economy

1. OBJETIVOS

Los subproductos de almazara generados en la extracción del aceite de oliva virgen por los sistemas continuos de dos fases, se producen en cantidades importantes en un intervalo de tiempo relativamente corto, y son considerados como potencialmente contaminantes llegando a plantear importantes problemas desde el punto de vista medioambiental y de gestión, representando una importante pérdida de biomasa y nutrientes; pero en la búsqueda de alternativas de reutilización o reciclaje de estos subproductos se han encontrado diferentes aplicaciones. Entre las que destaca

su aprovechamiento para el compostaje, técnica de tratamiento de residuos orgánicos, sencilla y económica, y que vislumbra una alternativa muy interesante para la obtención de productos con poder fertilizante y como enmienda orgánica en la agricultura sostenible destacando el sector del olivar, fruticultura y horticultura, entre otros.

Con la caracterización físico-química de los compost elaborados a partir del alperujo, se ha podido constatar que se trata de un producto con propiedades fertilizantes para su uso en olivar. Aunque se trata de un material con un valor añadido por sus contenidos en nutrientes no podemos olvidar de que se trata de una importante fuente de materia orgánica, lo que le confiere la propiedad de ser útil como enmienda en los suelos agrícolas, permitiendo una reducción de insumos fertilizantes y la mejora de las propiedades del suelo.

A lo largo del tiempo, la fertilización de los suelos ha sido principalmente inorgánica generándose un desgaste de la materia orgánica nativa, causando un deterioro de su condición física y haciéndose necesaria la búsqueda de nuevas fuentes con adecuados contenidos de materia orgánica, bajo coste, abundantes y cuya acumulación genere problemas medioambientales, como es el caso del alperujo.

La utilización directa de residuos orgánicos frescos en agricultura presenta una serie de inconvenientes siendo necesario someterlos a tratamientos previos a su utilización. El compostaje es uno de los métodos más usados al tratarse de un proceso ecológico y económico.

Esta estrategia, podría ser de especial interés para el mantenimiento del ecosistema del olivar, pues se caracteriza por presentar bajos contenidos en materia orgánica limitando su capacidad de trabajo, fertilidad a largo plazo y productividad, pues con el empleo de alperujo compostado tiene lugar un retorno de materia orgánica y de nutrientes al suelo, lo que ayudaría a paliar los problemas anteriormente descritos, y reducir los problemas asociados a la erosión, tan característicos de suelos faltos de estructura a consecuencia de los bajos contenidos en materia orgánica y favorecido por las prácticas culturales asociadas a este cultivo.

El compostaje es un perfecto ejemplo de agricultura de economía circular, un modelo de producción y consumo que implica en sus procesos el reutilizar, reparar o reciclar el residuo obtenido para conseguir una producción lo más sostenible posible.

El objetivo del presente trabajo es estudiar el efecto que tiene la aplicación continuada de distintos tratamientos orgánicos, alperujo fresco y compost de alperujo, en el contenido de materia orgánica de los suelos de olivar.

2. METODOLOGÍA

Este trabajo se ha centrado en la aplicación de tres tratamientos diferentes como fertilizante orgánico (compost I, compost II y alperujo fresco sin compostar) y un cuarto tratamiento mediante abonado mineral que servirá de testigo frente a los otros tres para evaluar su influencia en el contenido de materia orgánica de los suelos tratados. La fertilización inorgánica empleada estaba constituida por: 76 kg urea ha^{-1}, 66 kg de KCl ha^{-1} y 36 kg de superfosfato ha^{-1}. Las dosis aplicadas de cada uno de los compost y tratamientos orgánicos se establecieron en función de su contenido final de nitrógeno una vez terminada la fase de maduración (Tabla 1).

Tabla 1. Dosis de aplicación de los tratamientos orgánicos

	Compost I	Compost II	Alperujo fresco
N (%)*	1.80	1.30	1.20
Humedad (%)	10.10	6.90	49.90
kg compost árbol-^{1}	62	83	167
kg compost parcela-^{1}	372	498	1002
kg compost ha-^{1}	4340	5810	11690

*Resultados expresados sobre materia seca.
Fuente: elaboración propia

El estudio se realiza en una parcela de ensayo situada en la Finca Experimental de IFAPA Centro Venta del Llano en Meníbar (Jaén). Consta de tres parcelas elementales por tratamiento en la que, cada parcela elemental está constituida por dos árboles de la variedad 'Picual', distribuidos en un diseño experimental completamente al azar y manteniendo línea guarda entre tratamientos, empleando métodos tradicionales de cultivo, con un marco de plantación de 12x12 y riego de apoyo.

Se prepararon dos compost distintos por co-compostaje del alperujo con estiércol de oveja, urea, restos de poda triturados y hoja procedente de la limpieza de la aceituna en la almazara, empleados como material estructurante y fuentes de nitrógeno en cada caso. Los compost se prepararon con las siguientes composiciones y proporciones (en peso seco) para conseguir una relación C/N inicial de 30:

- Compost I (CI): alperujo (20%) + estiércol de oveja (60%) + restos de poda (20%)
- Compost II (CII): alperujo (71%) + hojas de la limpiadora (71%) + urea (9 kg/tn)

Para el compostaje se empleó el sistema de pila móvil siendo volteados y humedecidas según necesidades cada dos semanas durante la fase bio-oxidativa y dejándolos en reposo sin volteos durante la maduración. El seguimiento del proceso se realizó in situ por la medida diaria de la temperatura en distintas zonas de las pilas.

Los parámetros fisicoquímicos analizados en los compost una vez maduros fueron el contenido de materia orgánica (MO) se calcula por pérdida de peso por calcinación a 430ºC durante 8 h. El carbono orgánico total (COT) se determinó mediante un analizador elemental automático Leco Truspec CN (Leco, EE.UU.) (Navarro et al., 1993). El N total (N) se cuantificó por un método volumétrico después de una digestión Kjeldahl (1883). El potasio (K) se determina por absorción atómica medido en emisión (Métodos oficiales, tomo III) y la determinación del fósforo (P) por colorimetría siguiendo el método de Murphy y Riley (1962).

La muestra de suelo se obtiene mediante una muestra representativa obtenida al mezclar cuatro submuestras de cada parcela tomadas aleatoriamente a 20 cm de profundidad. La materia orgánica se analizó según los Métodos Oficiales Españoles de Análisis de Suelos (BOE, 1976).

Los datos experimentales fueron sometidos a un análisis unidireccional de la varianza (ANOVA) para un diseño experimental completamente al azar. La diferencia entre las medias se realiza estableciendo un test LSD para un nivel de significancia de $p<0.05$, utilizando el programa Statistix 8 para Windows.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Temperatura

La temperatura es el parámetro más empleado para hacer el seguimiento "in situ" del proceso de compostaje al tratarse de una medida rápida y efectiva que nos indica de forma directa la actividad microbiana existente en cada fase del proceso.

La Figura 1 muestra la evolución de temperatura en el compost I y compost II para los cinco años de estudio.

La evolución de la temperatura de las dos mezclas siguió el patrón típico para este tipo de material a lo largo de los cinco años de estudio, que se caracterizó por altas temperaturas y un largo proceso de compostaje hasta la 30 o 35 semanas como consecuencia de la composición lignocelulósica tan rica de estos materiales orgánicos (Cayuela y cols., 2006; Alburquerque y cols., 2009; Fernández-Hernández y cols., 2014). La temperatura de las dos pilas aumentó rápidamente hasta valores de 50-70 °C (Figura 1). Estas altas temperaturas se mantuvieron durante 10 semanas aproximadamente y luego disminuyó ligeramente a 40-50 °C por la semana 16, lo que indicó el final de la fase termófila. Durante la maduración, las temperaturas eran generalmente por debajo de 40 °C y se redujo a valores finales cerca de aire ambiente (alrededor de 30 °C) después de 26 semanas de compostaje. La mezcla formada por alperujo, hojas y urea fue la que alcanzó mayores temperaturas, que superaron los 65º C.

Como se aprecia en la evolución de la temperatura de ambos compost es muy similar lo que hace pensar que las proporciones de materias primas son correctas. Estas altas temperaturas fueron debidas a que los restos de poda y hoja contenían una gran cantidad de materia orgánica, de más difícil degradación en el caso de restos de poda. Ambos agentes estructurantes, restos de poda y hojas, poseen compuestos más solubles a disposición de los microorganismos mesófilos, responsables del aumento de temperatura en la fase bio-oxidativa del compost; por lo tanto estas altas temperaturas fueron ocasionadas por el material de partida (García de la Fuente, 2011).

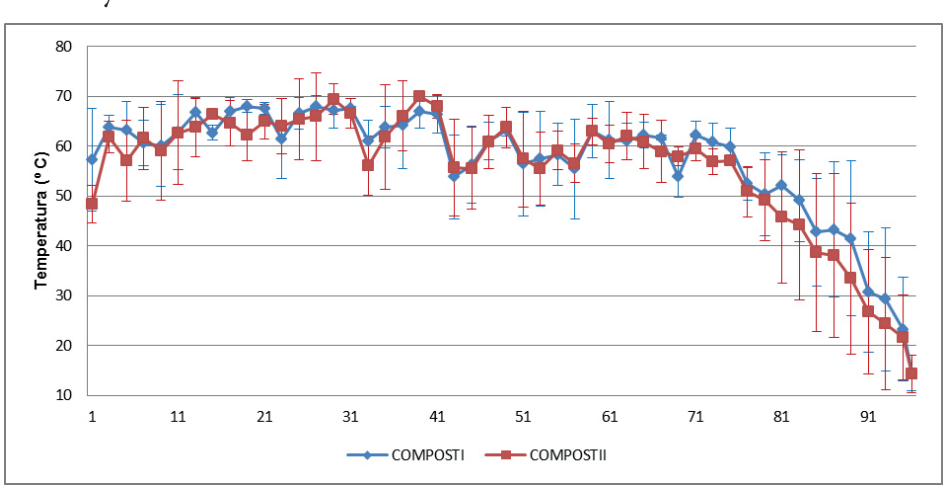
En los compost con urea como fuente de nitrógeno como ocurre en el compost II, tuvo lugar en las primeras etapas del proceso una rápida degradación de la materia orgánica de los compuestos. Esta alta disponibilidad de nitrógeno inicial, suministrado por la hidrólisis de la urea, tiene como consecuencia el desarrollo de una población microbiana con alta actividad metabólica (García-Gómez y cols., 2003) asociado a un aumento importante de la temperatura en los momentos iniciales del proceso.

Se ha de decir, que el aumento y evolución de la temperatura también es función del dimensionamiento de la pila y de la transferencia de calor dentro de la misma (Serramiá, 2010).

Otro detalle a discutir son los descensos acusados que se observan en las temperaturas debidos a una disminución de la actividad microbiana en las pilas por falta de humedad y aireación, lo que justificó en gran medida la necesidad del volteo, ya que como se observa, después de los volteos realizados quincenalmente, se produjo un aumento progresivo de la temperatura.

Una vez que la temperatura alcanzada después de los volteos no aumentaba, sino que se mantenía o disminuía, comenzaba el periodo de maduración del compost.

Figura 1. Evolución de la temperatura promedio a lo largo del proceso de compostaje para los cinco años de ensayo



Valor medio ± error estándar (n=5)
Fuente: elaboración propia

3.2. Caracterización de los compost

Las dos mezclas de compostaje se caracterizaron por una composición nutricional equilibrada, relativamente enriquecidas en N por el uso de estiércol de oveja y urea, y una alta concentración de materia orgánica bien estabilizada. Las diferentes mezclas se sometieron al proceso de compostaje típico de este tipo de residuos (Serramiá et al., 2010), caracterizado por largos periodos de compostaje de hasta 30 semanas y con temperaturas máximas en torno a los 60-70 C durante la fase termófila.

Los compost preparados para el presente trabajo mostraron un contenido relativamente alto en elementos minerales (Tabla 2) haciéndolas adecuadas para su uso como fertilizante orgánico en el olivar. La composición mineral de los compost de alperujo dependen en gran medida no solo de la composición del alperujo en sí mismo (índice de maduración de la aceituna, tiempo de almacenamiento antes del compostaje y condiciones de extracción), sino también de otros factores externos, como la tasa y la composición de los subproductos agro-industriales utilizados en las mezclas de partida (Fernández-Hernández et al., 2014).

El contenido en materia orgánica total en el compost I (Tabla 2) fue superior significativamente al compost II, hecho que se observó igualmente para el contenido en carbono orgánico total y nitrógeno total. En cuanto al contenido de nitrógeno, en el compost I fue mayor que en el compost II, tratándose de diferencias no significativas y pudiendo ser debido a una pérdida de nitrógeno por la mayor liberación de amonio cuando se utiliza la urea como fuente de nitrógeno, como es el caso del compost II. Los valores de relación C/N para el compost I y II de 17.3 y 19.2, respectivamente, claramente superiores a 12, valor sugerido por Bernal y cols. (1998), como representativo de materiales suficientemente maduros e indicador de buena estabilidad. El valor de la relación C/N se considera como índice de la disponibilidad por los cultivos del nitrógeno contenido en los productos orgánicos, en este sentido Jakse y Mihelic, (1999), indicaron que una relación C/N de 17 produjo la inmovilización en los cultivos de espinaca y acelga, mientras que con una relación C/N menor de 15 no se alteró la actividad microbiana del suelo (Allison, 1973). El valor de la relación C/N para estos compost de alperujo fue algo superior que para otro tipo de compost debido a que presentaban un mayor contenido de lignina, compuesto resistente a la biodegradación y que pudo incrementar el valor de la relación C/N. Además, tanto el compost I como el compost II cumplieron los requerimientos especificados por la legislación vigente, que indica que los compost de alperujo deben poseer un contenido en materia orgánica total superior al 45% sobre materia fresca y una relación C/N inferior a 20 (Real Decreto 506/2013).

En cuanto al alperujo fresco poseía un elevado contenido de materia orgánica significativamente superior a los valores obtenidos para el compost I y II. Al igual que ocurre con la relación C/N, esto es indicativo del menor grado de madurez del alperujo fresco con respecto a los composts I y II, ya que se ha constatado que con el proceso de compostaje disminuyen los niveles de lignina y celulosa (Komilis y Ham, 2003; Alburquerque y cols., 2009).

En cuanto al contenido en macronutrientes, en líneas generales, se aprecia como el compost I presentó mayor contenido que el compost II. Esto pudo ser debido a la mayor riqueza de los materiales de partida ya que el compost I estaba elaborado con estiércol de oveja como fuente de nitrógeno y los estiércoles presentan mayor contenido de estos elementos debido a la alimentación animal que el caso del alperujo, cosa que no sucede en el compost II que empleaba urea para tal fin.

En cuanto al alperujo fresco presentó un alto contenido en nitrógeno y carbono orgánico total (COT), siendo estos los responsables de la relación C/N resultante. El contenido en potasio fue relativamente bajo considerando los valores reconocidos en el alperujo por Roig y cols. (2006). El resto de macronutrientes se encontraban dentro de los rangos de variación establecidos por Roig y cols. (2006).

Tabla 2. Caracterización físico-química del compost I, compost II y alperujo

	Compost I	**Compost II**	**Alperujo**
Humedad (%)	10.10±2.12	6.90±1.27	49.90±20.07
pH	8.90±0.45	7.90±0.40	5.70±0.70
CE (dS m^{-1})	3.70±1.76	5.00±2.47	
MO (g kg^{-1})	593±51	392±97	780±253
COT (g kg^{-1})	324±18	227±56	452±147
C/N	19.20±3.46	17.30±1.18	40.10±11.45
N (%)*	1.80±0.21	1.30±0.39	1.20±0.11
P (%)*	0.40±0.06	0.10±0.05	0.10±0.02
K (%)*	1.30±0.07	0.90±0.44	1.10±0.27

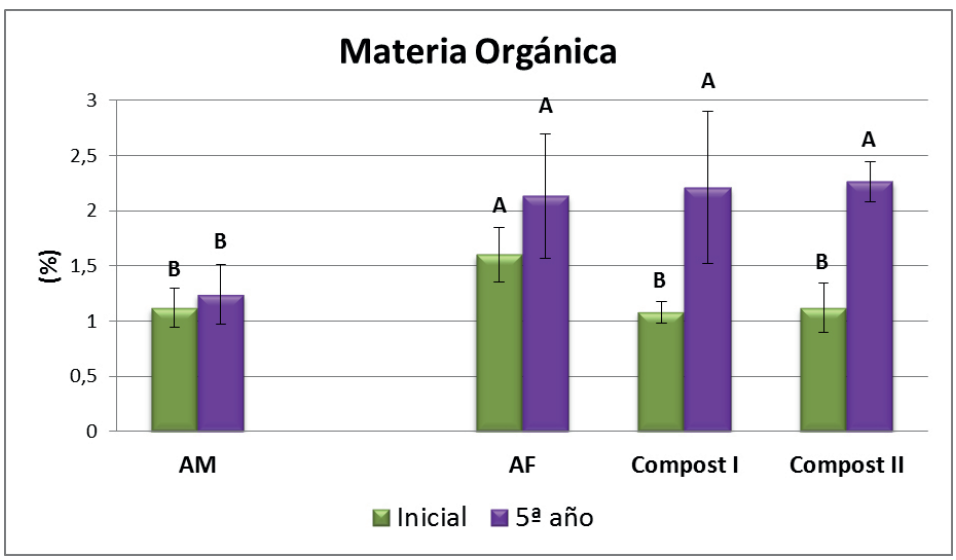
Fuente: elaboración propia
Resultados expresados como valor medio ± error estándar para n=3
* Resultados expresados sobre materia seca.

3.3. Materia orgánica en los suelos

El compost de alperujo contiene una gran cantidad de materia orgánica, y por lo tanto, podría ser útil su uso como una enmienda a los suelos agrícolas, reduciendo potencialmente la necesidad de insumos fertilizantes de nitrógeno, fósforo y potasio, y la mejora de una serie de propiedades del suelo. Esta estrategia podría ser de especial importancia para el mantenimiento del ecosistema

olivar en el que el retorno de la materia orgánica al suelo, además de su efecto positivo de almacenamiento de carbono en el suelo, ayudaría a evitar los problemas asociados con la erosión (Pleguezuelo y cols., 2009).

Figura 2. Contenido de materia orgánica total del suelo olivar (0-20 cm de profundidad) al principio (inicial) y después de 5 años (quinto año) de aplicación agronómica de los fertilizantes inorgánicos y diferentes enmiendas orgánicas



Fuente: elaboración propia.

AM: abonado mineral; AF: alperujo fresco; Compost I: compost elaborado con alperujo nuevo, estiércol de oveja y restos de poda; Compost II: compost el alperujo nuevo, hoja y urea.

Resultados expresados en materia seca, como valor medio ± error estándar (n=3).

Letras diferentes en columna indica diferencias significativas entre tratamientos para una $p<0.05$.

En general, la aplicación de los distintos compost de alperujo en las parcelas de ensayo durante los cinco años estudiados dio lugar a un aumento significativo de la materia orgánica del suelo en comparación con los suelos que no recibieron compost y fueron fertilizados con abono mineral. Según se puede observar en la Figura 2 al inicio de los ensayos todas las parcelas presentaban un contenido de materia orgánica similar y sin diferencias significativas entre los tratamientos con compost de alperujo y el abonado mineral, excepto para el tratamiento con alperujo fresco que presentaba un valor significativamente mayor que el resto de parcelas de ensayo. Tras cinco años se observó que en los suelos tratados con abono mineral no había aumento en el contenido de materia

orgánica de los mismos, como cabría esperar, ya que con este tipo de fertilización no se realizó aporte orgánico alguno. Sin embargo, en los suelos con aplicación de compost I y compost II si se produjo un importante aumento en el contenido de materia orgánica observándose diferencias significativas entre el inicio y el último año para cada una de las aplicaciones, alcanzando valores superiores al 2%. Para los suelos en los que se empleó alperujo fresco como enmendante orgánico se observó un aumento en el contenido de materia orgánica entre el inicio y el último año de aplicación pero sin diferencias significativas entre ellos ya que, aunque el contenido en materia orgánica en el alperujo fresco es muy elevada, ésta es incorporada al suelo sin ser degradada por lo que su disponibilidad es menor que en el caso de la materia orgánica procedente del compost I y compost II, que mediante el proceso de compostaje es degradada y transformada provocando un mayor contenido de materia orgánica en los suelos. Aun así, y debido a que los suelos enmendados con alperujo fresco presentaban los mayores contenidos de materia orgánica al inicio de los ensayos, el último año alcanza valores superiores al 2%, al igual que los suelos tratados con compost I y compost II, por lo que en los tres casos conseguimos llegar a valores de suelos fértiles, considerándose como tales aquellos que presenta un contenido en materia orgánica ≥ 2%.

Este aumento de la materia orgánica del suelo después de la aplicación continua no es hecho extraño debido a que los compost de alperujo empleados y el alperujo fresco presentaron el alto contenido de materia orgánica (Tabla 2). Este aumento es importante en condiciones semiáridas donde los suelos agrícolas son pobres en materia orgánica y están sujetos a una intensa degradación, como es el caso en muchas áreas de las explotaciones de aceite de oliva. Nuestros datos confirman los resultados previos, lo que indica que la materia orgánica del suelo aumentó después de las enmiendas con los distintos compost de alperujo elaborados y el alperujo fresco durante las primeras semanas después de la aplicación (Piotrowska y cols., 2006) o después de varios años (López-Piñeiro y cols., 2008, García-Ruiz y cols., 2013, Fernández-Hernández y cols., 2014).

4. CONCLUSIONES

El uso de los distintos tipos de compost estudiados durante los años de aplicación, dieron lugar a un aumento significativo en el contenido de materia orgánica del suelo en comparación con los suelos que no recibieron compost y fueron fertilizados con abono mineral.

5. BIBLIOGRAFÍA

ALBURQUERQUE, J.A., GONZÁLVEZ, J., TORTOSA, G., AIT BADDI, G., CEGARRA, J., 2009. Evaluation of "alperujo" composting based on organic matter degradation, humification and compost quality. Biodegradation 20: 257–270.

ALLISON, F. E. 1973. Soil organic matter and its role in crop production. Elsevier. New York.

BERNAL, M.P., PAREDES, C., SÁNCHEZ-MONEDERO, M.A., CEGARRA, J., 1998. Maturity and stability parameters of compost prepared with a wide range of organic wastes. Bioresource Technology. 63:91-99.

CAYUELA, M.L., SÁNCHEZ-MONEDERO, M.A., ROIG, A., 2006. Evaluation of two different aeration systems for composting two-phase olive mill wastes. Process Biochemistry 41: 616-623.

FERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, A., ROIG, A., SERRAMIÁ, N., GARCÍA-ORTIZ CIVANTOS, C., SÁNCHEZ-MONEDERO, MA., 2014. Application of compost of two-phase olive mil waste on olive grove: effectts on soil, olive fruit and olive quality. Waste Management 34: 1139-1147.

García de la Fuente, R. (2011): *Caracterización y uso de compost de alperujo como enmienda orgánica. Evluación agronómica y medioambiental*. Tesis doctoral dirigida por el Dr. Fernando Fornes Sebastiá y el Dr. Manuel Abad Berjón, Valencia, Universidad Politécnica de Valencia. Repositorio Institucional de la Universitat Politècnica de València (RIUNET). http://hdl.handle.net/10251/11406

GARCÍA-GÓMEZ, A., ROIG, A., BERNAL, M.P., 2003. Composting of the solid fraction of olive mill wastewater with olive leaves: organic matter degradation and biological activity. Bioresource Technology 86: 59-64.

GARCIA-RUIZ, R., OCHOA, M.V., HINOJOSA, M.B., GÓMEZ-MUÑOZ, B., 2013. Improved soil quality after 16 years of olive mill pomace application in olive oil groves. Agron. Sustain. Dev. 32: 803–810.

JAKSE, M., MIHELIC, R. 1999. The influence of organic and mineral fertilisation on vegetable growth and N availability in soil: preliminary results. Acta Horticulturae. 506. CAB Abstract 1999.

KJELDAHL, J., 1883. Neue methode zur bestimmung des tickstoffs in organischen Körpern. Zeitschrift für Anal. Chem. 22 (1), 366–382.

KOMILIS, D.P. Y HAM, R.K., 2003. The effect of lignin and sugars to the aerobic decomposition of solid wastes. Waste Manage. 23: 419-423.

LÓPEZ-PIÑEIRO, A., ALBARRÁN, A., RATO NUNES, J.M., BARRETO, C., 2008. Short and medium-term effects of two-phase olive mill waste application on olive grove production and soil properties under semiarid Mediterranean conditions. Bioresource Technology 99: 7982-7987.

MÉTODOS OFICIALES DE ANÁLISIS, 1986. Secretaría General Técnica. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, Tomo III, 21-38 pp.

MURPHY, J., RILEY, J.P., 1962. A modified single solutions method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chem. Acta 27, 31–36.

NAVARRO, A.F., CEGARRA, J., ROIG, A., GARCIA, D., 1993. Relationships between organic matter and carbon contents of organic wastes. Bioresour. Technol. 44 (3), 203– 207.

ORDEN DE 5 DE DICIEMBRE DE 1975 POR LA QUE SE APRUEBAN COMO OFICIALES LOS MÉTODOS DE ANALISIS DE SUELOS Y AGUAS. Ministerio de Agricultura. BOE 78, 6458-6491 pp.

PIOTROWSKA, A., IAMARINO, G., RAO, MA., GIANFREDA, L., 2006. Short-term effects of olive mill waste water (OMW) on chemical and biochemical properties of a semiarid Mediterranean soil. Soil Biol Biochem 38: 600–610.

PLEGUEZUELO, CRR., ZUAZO, VHD., RAYA, AM., MARTÍNEZ, JRF., RODRÍGUEZ, BC., 2009. High reduction of erosion and nutrient losses by decreasing harvest intensity of lavender grown on slopes. Agron Sustain Dev 29: 363–370.

REAL DECRETO 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes. BOE Nº 164, 51119-51207 pp.

ROIG, A., CAYUELA, M.L., SÁNCHEZ-MONEDERO, M.A., 2006. An overview on olive mill wastes and their valorisation methods. Waste Management 26: 960-969.

SERRAMIÁ, N., SÁNCHEZ-MONEDERO, M.A., FERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, A., GARCÍA-ORTÍZ CIVANTOS, C., ROIG, A., 2010. Contribution of the lignocellulosic fraction of two-phase olive-mill wastes to the degradation and humification of the organic matter during composting. Waste Manage.30: 1939-1947.

COMPOSTAJE DE SUBPRODUCTOS DE ALMAZARA: UNA ALTERNATIVA PARA SU VALORIZACIÓN EN EL ACTUAL CONTEXTO SOCIOECONÓMICO Y MEDIOAMBIENTAL

García-Mesa, José A.; García-Ortiz Civantos, Concepción . Centro IFAPA Venta del Llano.
josea.garcia.mesa@juntadeandalucia.es

RESUMEN: El envío de los alperujos de las almazaras a plantas extractoras es la alternativa mayoritaria en la actualidad. Sin embargo, el actual contexto socioeconómico y agroambiental aconseja el planteamiento de otras alternativas de valorización de los subproductos que den respuesta a las nuevas necesidades. En esta comunicación se analizan de forma comparada las ventajas e inconvenientes de ésta práctica habitual con respecto al compostaje de estos subproductos.

PALABRAS CLAVE: Valorización de subproductos de almazara, Cambio climático, Bioeconomía

ABSTRACT: Sending the olive mill solid wastes (alperujos) from the oil mills to extraction plants is currently the majority alternative. However, the current socioeconomic and agro-environmental context advises the approach of other alternatives for the recovery of by-products that respond to new needs. In this communication, the advantages and disadvantages of this usual practice with respect to the composting of these by-products are analyzed in a comparative way.

KEYWORDS: Olive mill by-products valorization, Climate change, Bioeconomy

OBJETIVOS

El sector del olivar y la producción de aceites de oliva se enfrenta a un cambio en el contexto socioeconómico y agroambiental en el que desarrolla su actividad productiva. En el corto y medio plazo se plantean unos nuevos condicionantes regulativos (reforma de la PAC), sociales (relevo generacional, fijación de la población al territorio) y agroambientales (cambio climático) que obligan al sector a reflexionar sobre la forma en que se gestionan los subproductos de almazara.

Más recientemente, como consecuencia de la situación económica y, particularmente, de la guerra en Ucrania, han surgido otros factores limitantes como el encarecimiento de los insumos (combustibles, fertilizantes, fitosanitarios) o la carencia de éstos (fertilizantes nitrogenados).

En la actualidad estos subproductos se valorizan, mayoritariamente, mediante su envío a plantas de secado y extracción de aceites de orujo. Por tanto, el sector orujero es un actor imprescindible dentro del sector oleícola. El compostaje de los subproductos de almazara es minoritario en la actualidad, aunque practicado por algunas almazaras desde hace décadas.

El objetivo de la presente comunicación es la realización de un análisis comparado de la forma en que ambas alternativas de valorización dan respuesta a las necesidades planteadas.

MÉTODOS

Se lleva a cabo un análisis comparado de las dos alternativas de valorización (envío a una orujera y compostaje) bajo las dos perspectivas: socioeconómica y agroambiental.

Socioeconómico: se analiza (en su caso) el coste de las inversiones necesarias, los costes de explotación y el beneficio socioeconómico generado.

Agroambiental: se analiza la huella de carbono de ambas alternativas de valorización y el beneficio agroambiental que resulta de ellas.

RESULTADOS

A continuación se resumen los resultados del análisis DAFO de ambas alternativas de valorización.

Tabla1.1. Envío a una orujera, desde el punto de vista socioeconómico

DEBILIDADES	*AMENAZAS*
• Dependencia de un tercero • Carencia de control sobre interrupciones en el proceso productivo • Ausencia de impacto directo positivo local en la creación de valor añadido y empleo • Ausencia de impacto indirecto positivo local en la creación de valor añadido y empleo • Ausencia de impacto inducido positivo local en la creación de valor añadido y empleo • Necesidades mayores de fertilizantes • Solución parcial a la gestión de subproductos de almazara (alpechines, hojín)	• Coste de gestión de subproductos al alza • Coste de transporte de subproductos creciente • Aumento del coste de la energía • Pérdida del valor de los subproductos para el sector orujero • Interrupciones en la retirada de subproductos: parada de producción • Costes asociados a la eventuales paradas • Pérdidas en calidad/valor del aceite por las paradas • Coste/carencia de fertilizantes de síntesis
FORTALEZAS	*OPORTUNIDADES*
• Ausencia de inversiones en la gestión de subproductos • Externalización de la gestión de los subproductos	• Aumento del valor de los subproductos para el sector orujero

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1.2. Envío a una planta de compostaje, desde el punto de vista socioeconómico

DEBILIDADES	*AMENAZAS*
• Disponibilidad de espacio físico adecuado • Necesidad de importantes inversiones • Costes de explotación • Carencia de experiencia en la explotación de plantas de compostaje • Escasez de personal técnico cualificado	• Coste de valorización de subproductos al alza
FORTALEZAS	*OPORTUNIDADES*
• Autosuficiencia en la gestión de los subproductos • Menor coste de transporte de subproductos • No interrupciones en el proceso productivo • Impacto directo positivo en la creación de valor añadido y empleo a nivel local • Impacto indirecto positivo en la creación de valor añadido y empleo a nivel local • Impacto inducido positivo en la creación de valor añadido y empleo a nivel local • Menores necesidades de fertilizantes • Solución global a la gestión de subproductos de almazara (alpechines, hojín)	• Aumento de la demanda de fertilizantes de origen orgánico • Percepción del consumidor • Aumento de la demanda de productos sostenibles

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.1. Envío a una orujera, desde el punto de vista agroambiental

DEBILIDADES	*AMENAZAS*
• Elevado consumo energético • Elevado consumo de biomasa para el secado del alperujo • Generación de GEI debidos al transporte • Importante devolución a la atmósfera del Carbono secuestrado por la planta • Bajo contenido en materia orgánica en los suelos agrícolas • Baja fertilidad de los suelos agrícolas • Mayores problemas de erosión • Necesidades mayores de fertilizantes de síntesis • Problemas de contaminación de aguas por fertilizantes de síntesis • Solución parcial a la gestión de subproductos de almazara (alpechines, hojín) • Ausencia de solución para las aguas de las balsas de las orujeras	• Normativa sobre emisiones gaseosas
FORTALEZAS	*OPORTUNIDADES*
• Externalización de la gestión de los subproductos	• Aumento de la demanda de biomasa

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.2. Envío a una planta de compostaje, desde el punto de vista agroambiental

DEBILIDADES	*AMENAZAS*
• Ocupación de espacio físico para la planta de compostaje • Tramitaciones/Requisitos medioambientales	• Impacto en el entorno cercano
FORTALEZAS	*OPORTUNIDADES*
• Lucha contra el Cambio Climático • Solución global a la gestión de subproductos de almazara (alpechines, hojín) • Menor generación de GEI debidos al transporte • Menor consumo energético • Nulo consumo de biomasa para el secado del alperujo • Menor devolución a la atmósfera del Carbono secuestrado por la planta • Ausencia de problemas de contaminación de aguas por fertilizantes de síntesis • Aumento del contenido en materia orgánica en los suelos agrícolas • Aumento de la fertilidad de los suelos agrícolas • Contribución a la lucha contra la erosión	• Pacto verde Europeo • ¿Ecoesquemas? • Mercado del Carbono • Normativas europeas y nacionales sobre nitratos • Percepción del consumidor

Fuente: Elaboración propia

DISCUSIÓN

El envío de los alperujos a una orujera ha sido y es una solución válida para el sector almazarero, que surge de la especialización del sector transformador en la obtención de los aceites vírgenes, delegando en terceros la gestión de subproductos de su actividad. Es, también, una solución cómoda para el sector, que le permite desentenderse de la gestión de estos subproductos.

El envío de los orujos a una planta extractora es la solución parcial de valorización de subproductos de almazara claramente mayoritaria en la actualidad. Esta práctica ha pasado en las últimas campañas de ser una fuente complementaria de ingresos para las almazaras a un coste adicional, no desdeñable en algunos casos. Esta situación es previsible que perdure en el tiempo, con el agravante de la importante subida de los precios de los combustibles. En esta modalidad el posible valor añadido del subproducto se le cede a un tercero que generalmente se encuentra a cierta distancia de la zona de producción, con lo que se eliminan los impactos positivos directos e indirectos que una valorización local del subproducto podría generar en el entorno de la zona de producción. La gestión local de los subproductos implicaría la construcción de plantas de tratamiento y su funcionamiento continuo, lo que dinamizaría la economía local y generaría puestos de trabajo estables.

Otro aspecto a considerar en esta alternativa es el riesgo en la interrupción del servicio de recogida de subproductos que se puede ocasionar en campañas en las que el ritmo de recolección provoque el colapso del sector orujero por su incapacidad de absorber picos de producción de alperujos. Esta situación, aunque infrecuente, ya se ha producido en alguna ocasión, y teniendo en cuenta el ritmo de crecimiento de la producción de aceituna es previsible que se pueda repetir, a pesar del esfuerzo del sector orujero por aumentar su capacidad de almacenamiento de alperujos.

Desde el punto de vista medioambiental, y dado que el número de plantas extractoras es reducido y que con frecuencia se encuentran a cierta distancias de las almazaras, el transporte de los orujos supone un importante consumo de combustibles fósiles, con la consecuente generación de gases de efecto invernadero. A título ilustrativo podemos indicar que una almazara tipo que molture 10 millones de kilos de aceituna y que envíe sus orujos a una extractora situada a unos 70 km de distancia, requiere que el camión de transporte recorra una distancia equivalente a la de dar una vuelta completa al planeta por el ecuador, consumiendo alrededor de 15.000 litros de combustible, cada campaña.

El secado de los orujos, cuando se realiza consumiendo la propia biomasa gestionada por la orujera, supone una importante devolución a la atmósfera de parte del carbono secuestrado por la planta y contenido en los orujos. Siguiendo con el mismo ejemplo anterior, esa almazara tipo produce cada año unos 8 millones de kilos de alperujo, que contienen aproximadamente 1,2 millones de kilos de carbono. Como consecuencia de la combustión del orujillo necesaria para evaporar el agua de ese alperujo durante el secado previo a la extracción del aceite de orujo, se devuelve a la atmósfera prácticamente la mitad de ese carbono, en forma de CO_2.

El compostaje de los subproductos de almazara puede ser una solución integral de valorización de éstos, actualmente minoritaria. Su generalización conllevaría, en primer lugar, un cambio de mentalidad del sector almazarero, que debería adoptar el papel de gestor de sus propios subproductos. Ello supondría acometer considerables inversiones para la construcción de nuevas

plantas de compostaje. Este tipo de proyectos podrían ser un destino idóneo para los fondos europeos de recuperación y resiliencia actualmente disponibles. En una situación ideal, sería interesante que en cada localidad o comarca se construyera una planta de compostaje que diera servicio a las almazaras cercanas. Esto reduciría drásticamente el consumo de combustible para el transporte antes comentado.

En esta modalidad el posible valor añadido se generaría in situ, con la consiguiente creación de empleo y riqueza en zonas en muchos casos desfavorecidas. Desde el punto de vista medioambiental, el compostaje también supone una cierta devolución a la atmósfera de parte del carbono secuestrado por la planta, debido en este caso al proceso de transformación natural de los subproductos en compost. Sin embargo, el producto obtenido presenta innumerables ventajas agroambientales pues permite, al menos en parte, la sustitución de la fertilización química por una fertilización orgánica que, además, mejora la calidad de los suelos, su fertilidad y la resiliencia de los agrosistemas frente el cambio climático.

En el aspecto regulatorio y normativo cada vez se apuesta más por un compromiso mayor con la bioeconomía circular. El compostaje se presenta como la alternativa que mejor cumple con los requisitos de este modelo productivo.

Finalmente, otro aspecto a considerar sería la percepción y valoración del consumidor. Es evidente que el consumidor cada vez demanda en mayor medida productos que se hayan obtenido por procedimientos más sostenibles. Con las campañas de información necesarias, se podría sumar a los aceites vírgenes el plus de haber sido obtenidos de la forma más sostenible y que más contribuye a la lucha contra el cambio climático.

En definitiva, y reconociendo el innegable papel jugado por la industria extractora en la valorización de los subproductos de almazara hasta la fecha, se puede considerar al compostaje como una alternativa idónea para esta valorización en el contexto socioeconómico y agroambiental en el que actualmente desarrolla su actividad el sector oleícola.

LA JUNGLA DE SELLOS-SIGNOS DE CALIDAD DIFERENCIADA Y SUS EFECTOS EN LA VALORACIÓN DEL ACEITE

Francisco José Torres Ruiz (ftorres@ujaen.es)
Eva María Murgado Armenteros (emurgado@ujaen.es)
Francisco José Torres Peña (ftp00005@red.ujaen.es)
Elisa Garrido Castro (egcastro@ujaen.es)
Instituto Universitario de investigación del Olivar y del Aceite de Oliva. Universidad de Jaén

RESUMEN: Para diferenciarse en el mercado, muchas empresas oleícolas han adoptado la estrategia de incorporar en el envase, etiquetado o página web, diferentes sellos o signos con el objeto de influir en el consumidor, como de calidad geográficamente referenciada (DOP, IGP, etc.) impacto ambiental (ecológico, huella de carbono,..) premios de calidad, etc. Sin embargo, el elevado número de sellos-signos existentes dificulta el aprendizaje del consumidor. En este trabajo, se explora el problema desde una perspectiva de la consideración de los sellos como claves heurísticas por parte del consumidor. Con base en un experimento online a 3200 personas realizado en 4 países, cabe concluir que los consumidores consideran la mera existencia de los sellos, su número y la familiaridad de los mismos como heurísticos en los procesos de valoración del producto, y que estos tienen más importancia que los propios significados individuales de los sellos.

PALABRAS CLAVE: Sellos, signos, valoración del aceite, procesamiento heurístico

ABSTRACT: In order to differentiate themselves in the market, many olive oil companies have adopted the strategy of incorporating different seals or signs in their packaging, labeling or web page, with the aim of influencing the consumer, such as geographically referenced quality, environmental impact (organic, carbon footprint, etc.), quality awards, etc. However, the high number of existing seal-signs makes consumer learning difficult. In this paper, the problem is explored from a perspective of the consideration of seals as heuristic cues by the consumer. Based on a 3200-person online experiment conducted in 4 countries, it can be concluded that consumers consider the mere existence of seals, their number and familiarity as heuristics in product evaluation processes, and that these are more important than the individual meanings of the seals themselves.

KEYWORDS: label, signs, oil valuation, heuristic processing

1. INTRODUCCIÓN

Una de las estrategias seguidas por las empresas agroalimentarias para conseguir la diferenciación de los productos en el mercado es la incorporación en la etiqueta y página web de sellos de entidades certificadoras de diversas características, como el carácter ecológico, premios obtenidos, agricultura integrada, etc.

Consecuencia de este esfuerzo, en las etiquetas, envases y páginas web de algunas marcas que generalmente apuestan por la calidad se aprecia una colección de sellos más o menos extensa, a veces por imposición normativa para introducirse en determinados mercados y, en otros casos de forma voluntaria como forma de diferenciarse de la competencia. Sin embargo, la gran cantidad de sellos existentes en el mercado y los costes asociados a los procesos de certificación hacen plantearse si merece la pena adoptar la estrategia de ir acumulando sellos como medio para diferenciarse en el mercado.

El objetivo fundamental de este trabajo es analizar el efecto de diferentes decisiones relacionadas con la utilización de los sellos tiene sobre las valoraciones que los consumidores realizan de los productos alimentarios

2. LOS SELLOS COMO HEURÍSTICOS

Un sello o símbolo no es más que una imagen insertada en el etiquetado, envase o similar otorgada por una entidad certificadora, que pretende transmitir información, confianza y seguridad para el consumidor de que el producto o su proceso de producción posee características singulares y de valor para los consumidores.

Desde una perspectiva de comunicación un sello necesita promoción, como cualquier marca, y debe triunfar en dimensiones relacionadas con el éxito de las mismas, como notoriedad –ser reconocido, recordado-, conocimiento –saber qué certifica, quién certifica- y actitudes o valoraciones del mismo. Además, existe un estrecho vínculo entre el sello y la entidad certificadora que impregna al mismo con su imagen y reputación.

Sin embargo, el proceso de trasladar estos significados a la mente de los consumidores no es fácil, pues hay al menos dos factores que dificultan el aprendizaje del consumidor.

Heterogeneidad. A nivel global no existe un patrón o marco de referencia claro sobre qué se puede certificar y quién puede hacerlo, lo que ocasiona gran confusión y desconfianza en el mercado.

Cantidad. El problema de la heterogeneidad no sería realmente importante si no hubiera muchos sellos-certificaciones en el mercado. Sin embargo, según el estudio de IPSOS (2021) se han identificado más de 900 sellos diferentes en la UE, reconociéndose en el informe que no es ésta una cifra exhaustiva.

El elevado número de sellos y certificaciones existentes, y su variedad en relación a qué certifican exactamente y quién lo hace, hace que el consumidor se enfrente a una "jungla de información" y permite plantear la cuestión de cómo procesa y utiliza esta información en la toma de decisiones.

La problemática planteada descansa, en definitiva, en conocer cómo los consumidores procesan la información, y la cantidad y complejidad de los sellos y procesos de certificación sugieren la utilización de estrategias simplificadoras de estos procesos por parte de los consumidores. En este sentido, cabe plantearse que los sellos o signos son utilizados o desempeñan el rol de claves heurísticas.

En este contexto, en primer lugar, cabe plantearse si la mera existencia del sello y/o el número de los mismos son factores influyentes en los procesos mentales de los consumidores y sus valoraciones de los productos. De otro lado, cabe preguntarse si el hecho de resultar familiares, en el sentido de tener la sensación de haberlos visto antes o ser reconocidos, pueden tener un impacto significativo en estos procesos y en la valoración de los productos. Nótese a este respecto que la consideración de estos heurísticos es previa y viene a completar el procesamiento del significado de cada sello, individualmente considerado por el consumidor.

3. MÉTODO

El análisis del impacto de diferentes estrategias de sellos en la valoración del producto se ha focalizado en el aceite de oliva, dado que es una estrategia de diferenciación común en empresas que intentan ofrecer una imagen de calidad en el mercado.

Se han utilizado los datos de un experimento entre sujetos realizado a 3200 participantes de cuatro países europeos. En cada uno de estos cuatro países se ha desarrollado una encuesta Online-CAWI a 800 individuos seleccionados aleatoriamente en un panel de consumidores, que habían comprado el producto al menos una vez en el último año. En resumen, se realizó un muestreo aleatorio restringido, con cuotas de edad y sexo, con un error muestral máximo –aproximado como M.A.S. de + 3,52 % para porcentajes globales en cada país (p=q=0,5, K=2).

A los sujetos se les administró un cuestionario en el que durante un tiempo limitado se mostraba en la pantalla del ordenador una botella de aceite con marca ficticia –para evitar actitudes previas-, donde se manipulaban diferentes composiciones relativas a distintos sellos de calidad, algunos reales y otros ficticios con una breve explicación del significado de cada sello. En total había 15 tratamientos diferentes, 9 con cuatro sellos y 6 con un solo sello. Cada consumidor observó en la pantalla del ordenador solo una de estas manipulaciones o tratamientos, respondiendo a continuación a una serie de preguntas al respecto, relacionadas con la valoración y/o percepción del aceite.

Dado que el experimento efectuado no permite conseguir los objetivos de investigación con un único modelo de análisis, se ha procedido en tres fases. En la primera se ha analizado la influencia de utilizar uno frente a cuatro sellos en las valoraciones del producto utilizando todos los casos.

Seguidamente y para el caso de un único sello se ha analizado el efecto de la familiaridad y el efecto específico de cada sello real en las valoraciones. Finalmente, en un contexto de cuatro sellos, se ha analizado la influencia comparada de cada sello mediante una estrategia de supresión. Esto es, considerando las valoraciones globales cuando el sello está ausente.

En todos los casos se ha realizado un MANOVA donde las variables dependientes son seis ítems relativos a la valoración general del producto (de 0 a 10), relativas a valoración del esfuerzo, simpatía, confianza, honestidad, trabajo e ilusión y nivel de calidad que sugiere o evoca. En caso de encontrar diferencias significativas globales, se han realizado ANOVAs para cada variable dependiente y estimaciones de medias para cada categoría de la variable independiente.

4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

A nivel general, los principales resultados obtenidos son los siguientes:

Efecto cantidad. Existen claras diferencias entre utilizar 1 y 4 sellos en todos los indicadores de valoración de aceite utilizados. Asimismo, cabe resaltar que la utilización de más sellos siempre se traduce en una mejor valoración del aceite, aunque ésta no es muy acusada. En efecto, la mayor diferencia entre ambos grupos no llega a 0,8 unidades en una escala de 0 a 10. En síntesis, parece que el número de sellos opera como un heurístico en la valoración del producto, estableciendo una sencilla regla mental de más cantidad, más valoración.

Efecto familiaridad. Estudiado para los casos o tratamientos donde sólo había un sello, se han comparado las valoraciones entre utilizar sellos conocidos o existentes en el mercado y sellos ficticios. A nivel global, parece que la valoración del producto es mayor en el caso de sellos familiares; situación que se produce en todas las variables excepto la calidad. En síntesis, la familiaridad parece actuar también como una clave heurística positiva.

Efecto significado-sustitución (un sello). Un procesamiento más profundo supondría diferencias claras entre los diferentes sellos o certificados, lo que supondría cierto esfuerzo de aprendizaje por parte del consumidor. Para su estudio, se han analizado las diferencias entre los seis sellos individualmente considerados. Los resultados obtenidos reflejan diferencias en sólo dos de los 6 indicadores utilizados -esfuerzo y simpatía- que se producen, por las diferencias entre las valoraciones de ecológico y comercio justo con premio. En todo caso, el efecto encontrado es mucho menor que en los efectos del número y la familiaridad.

Efecto significado-sustitución (cuatro sellos). La cuestión fundamental en un contexto multisello es si los consumidores son sensibles a los sellos que específicamente aparecen en sus valoraciones de aceite, o si, por el contrario, el efecto de un sello se diluye entre la cantidad de

información proporcionada por el resto; esto es, son intercambiables. Los resultados muestran, a nivel global, que la valoración del aceite es similar entre las diferentes combinaciones de cuatro sellos. Así, parece que una vez que el consumidor percibe la existencia de los diferentes sellos, no importa tanto el contenido específico de lo que realmente certifican o garantizan; esto es, no merece la pena el esfuerzo de procesar más información.

En resumen, y a modo de conclusión final, parece que los consumidores resuelven el problema de la jungla de certificaciones en el mercado utilizando a los mismos como claves heurísticas con distintos niveles de procesamiento en sus valoraciones. Dentro de éstas, la mera existencia de sellos, su número y su familiaridad han mostrado influir considerablemente en la valoración del producto, anulando o inhibiendo la necesidad de procesamientos más profundos y exhaustivos, como el aprendizaje específico del significado de cada sello. Así, un mayor número de sellos, o sellos existentes en el mercado producen valoraciones mejores que cuando sólo se utiliza un sello o se utilizan sellos inexistentes en el mercado.

FACTORES INFLUYENTES EN LA PERCEPCIÓN DE ARTIFICIALIDAD EN LOS PROCESOS DE CATA HEDÓNICA DE ACEITES DE OLIVA

Francisco José Torres Ruiz (ftorres@ujaen.es)
Francisco José Torres Peña (ftp00005@red.ujaen.es)
Raquel Barreda Tarrazona (rbarreda@ujaen.es)
Instituto Universitario de Investigación del Olivar y del Aceite de Oliva. Universidad de Jaén

RESUMEN: Una de las estrategias seguidas para incrementar el valor de los aceites de oliva ha sido el desarrollo de procesos de cata hedónica. Sin embargo, la literatura sobre rituales muestra la aceptación y credibilidad de los mismos depende de la artificialidad percibida, esto es, si se percibe falta de autenticidad o interés empresarial. Para explorar los factores que afectan a la percepción de artificialidad se ha desarrollado un experimento de cata de aceites de oliva a 432 personas en el que se han manipulado variables relativas a la información del proceso, del aceite y el número de tareas. Los resultados muestran que, en general, ofrecer mucha o más información contribuye a mermar la credibilidad del proceso de cata e incrementa la artificialidad.

PALABRAS CLAVE: Rituales, Procesos de cata, Consumo hedónico, Artificialidad.

ABSTRACT: One of the strategies followed to increase the value of olive oils has been the development of hedonic tasting processes. However, the literature on rituals shows that their acceptance and credibility depend on the perceived artificiality, i.e., if there is a perceived lack of authenticity or business interest. To explore the factors that affect the perception of artificiality, an olive oil tasting experiment was carried out with 432 people in which variables related to information about the process, the oil and the number of tasks were manipulated. The results show that, in general, providing much or more information contributes to undermine the credibility of the tasting process and increases artificiality.

KEYWORDS: Rituals, Tasting processes, Hedonic consumption, Artificiality.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo paralelo del turismo gastronómico y los procesos de cata hedónica han posibilitado un nuevo medio para la puesta en valor de los productos alimentarios, y el aceite de oliva no es una excepción. La cata se ha erigido en la actividad nuclear del turismo gastronómico, constituyendo el corazón a partir del cual se construye toda una experiencia en actividades como enoturismo u oleoturismo, en las que la prueba sensorial del producto de complementa con diferentes tipos de actividades y procesos en los que los consumidores realizan un proceso de aprendizaje activo sobre el producto y su universo.

En el escenario y contexto en el que desarrollan estos procesos de cata, los consumidores reciben información del producto, niveles de calidad, procesos y métodos de obtención, recomendaciones en las compras, consumo, utilización, etc., además de una experiencia personal configuradora de

actitudes y emociones que puede suponer un cambio sustancial en la percepción del producto y todo lo que le rodea, y ello con el objetivo básico de puesta en valor del producto-marca. Sin embargo, todo este esfuerzo no tiene por qué traducirse en una mejora sustancial de la percepción del producto y su mundo, sino que en determinadas circunstancias puede ser perjudicial, mermando la credibilidad y el valor global de la experiencia. En este sentido, la literatura sobre procesos y rituales de consumo muestra que la aceptación y credibilidad de los mismos depende de la artificialidad percibida, esto es, que la gente es más reacia a asumirlos e internalizarlos si percibe falta de autenticidad o interés empresarial. En este contexto, en este trabajo se exploran algunos factores, comúnmente utilizados que podrían influir en la percepción de artificialidad de los procesos de cata.

2. METODOLOGÍA

Para ello, se ha realizado un experimento de cata a 432 consumidores, equilibrado, entre sujetos y doble ciego, en el que todos los sujetos cataron el mismo aceite, aunque con diferentes procesos fruto de la manipulación de las siguientes variables: fases o actividades (proceso largo, medio y corto), información sobre las fases (proceso de descripción o información facilitada al consumidor sobre el contenido y significado de cada fase o sin información), información sobre el aceite (sin información o con información sobre la calidad o tradición-historia del aceite). Con estas variables, se pretende, por un lado, incrementar la complejidad del proceso de cata añadiendo elementos que podrían enriquecer el proceso pero que, por otro lado, podrían percibirse como artificiales -en el sentido de innecesarios y/o comercialmente intencionados. Después del proceso de cata los participantes rellenaron un cuestionario en el que había una escala de 1 (totalmente en desacuerdo) a 5 (totalmente de acuerdo) a la expresión "siento que el proceso de degustación parece forzado o artificial" que constituye nuestra variable de análisis. También se recogían un conjunto de ítems de naturaleza psicográfica, relativos a la actitud o gusto general a los procesos de cata y al interés por los alimentos, ambas formadas por un conjunto de ítems con elevada consistencia interna, l conocimiento subjetivo del aceite y percepciones de calidad del aceite catado.

La estrategia genera de análisis ha consistido en un análisis factorial de la covarianza en el que la variable dependiente era la actitud general hacia la cata y los factores la duración, la información de las fases y la información del aceite, introduciéndose el resto como covariables en el modelo. En una primera fase se ha analizado la hipótesis de paralelismo, introduciendo las interacciones entre los factores y las covariables y, paralelamente, la significatividad de las interacciones entre los factores. En una segunda fase, se ha replicado el modelo introduciendo sólo los efectos principales y las covariables e interacciones significativas.

3. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En general, los principales resultados obtenidos son los siguientes:

En primer lugar, una clara influencia del perfil psicográfico del consumidor en relación a las variables "actitud general hacia las catas" e "interés por los alimentos". En este sentido es destacable y en cierta

medida contraintuitivo que las dos variables operan en el mismo sentido que la artificialidad; esto es, cuanto mayores son los valores de las mismas, más se percibe el proceso como artificial –los coeficientes de la regresión son 0,614 y 0,181, respectivamente. En general, interpretamos estos resultados en la línea de que consumidores con elevados valores en estas variables, son consumidores más informados, implicados y conocedores, y posiblemente tengan una actitud más crítica hacia estos procesos.

En segundo lugar, existen claras diferencias cuando a los sujetos se les proporciona información de las fases (el proceso seguido), y también sorpresivamente, el grupo que recibió información del mismo presenta una percepción de artificialidad claramente superior al otro grupo, lo que podría interpretarse como la percepción de intencionalidad en el proceso que merma su credibilidad.

En tercer la duración del proceso (número de fases) no tiene un impacto claro en la percepción de artificialidad per se, aunque existen efectos significativos en interacción con facilitar información sobre el aceite. Así, en los procesos con mayor número de fases la artificialidad es mayor cuando se proporciona información del aceite, mientras que es la menor cuando no se proporciona. Realmente, aunque es difícil interpretar estos resultados, si consideramos los resultados relativos a la información de las fases, parece que el problema está en la información. Sencillamente, y con independencia de qué se comunique, parece que ofrecer mucha o más información favorece la percepción de artificialidad.

Finalmente, otro resultado destacable es la clara interacción entre la covariable actitud general hacia la cata y la información del aceite, que se configura como el elemento con mayor poder explicativo del modelo de análisis planteado. Los resultados muestran una pendiente claramente menor cuando no se ofrece información; esto es, la relación entre la actitud hacia los procesos de cata y la artificialidad, que operan en el mismo sentido, es mucho más fuerte cuando se ofrece información del aceite -la diferencia de pendientes en los coeficientes de regresión es 0,327-, lo que viene a corroborar en parte la relación anterior: en este proceso de cata, sencillamente dar más información parece incrementar la artificialidad del mismo.

Los resultados muestran un panorama complejo de la percepción de la artificialidad en el que los procesos de percepción e inferencia del consumidor sobre el proceso seguido distan mucho de tener sencillas explicaciones, dado que los perfiles psicográficos de los consumidores interactúan con las variables gestionables, y éstas también entre sí. En este contexto, presumiblemente, la información percibida opera como un heurístico clave de valoración, credibilidad y artificialidad del proceso. Profundizar concreta y específicamente qué tipos de heurísticos y cómo operan podría mejorar la percepción de los procesos de cata de aceite y la experiencia del consumidor. En todo caso, y a efectos operativos, los resultados muestran un consumidor crítico con lo que recibe, que procesa con cierta suspicacia la información que recibe, y que puede mermar la credibilidad y artificialidad del proceso. En este sentido, una conclusión a nivel gerencial parece clara: hay que seleccionar muy cuidadosamente la información a ofrecer en los procesos y no ofrecer más de la necesaria, pues puede ser perjudicial para la percepción del proceso.

AN ONTOLOGY-BASED TOOLKIT TO SUPPORT THE SUSTAINABILITY ASSESSMENT OF OLIVE GROVES ACROSS THE MEDITERRANEAN BASIN

Riccardo Rossi[1], Josè Lietor[2], José Muñoz-Rojas[3], Roberto Garcia Ruiz[2], Elena Maestri[1], Nelson Marmiroli[1]
1-CIDEA, University of Parma, Parma, Italy
2-University of Jaen, Jaen, Spain
3-University of Evora, Evora, Portugal
e-mail: elena.maestri@unipr.it

SUMMARY: In the framework of the PRIMA funded project SUSTAINOLIVE, the main agroecological concepts of relevance to identify and characterize Sustainable Technological Solutions for olive growing sector were firstly identified and described based on literature search and expertise of partners. The agroecological concepts are compiled in a database format for easy consultation, with a definition which includes references to official websites and scientific literature. The agroecological concepts in the database are then linked to categories, resulting in the connection of each term to one or more of the Sustainable Technological Solutions. The main product is a database open for public consultation which includes links to external websites, connections with slides and graphical representations to facilitate the transfer of key agroecological concepts to diverse types of end-users.

KEYWORDS: Agroecology – Mediterranean Area - Ontology – Sustainability

1. INTRODUCTION

Olive grove cultivation represents a key socio-economic and cultural asset for Mediterranean rural areas and is considered a main component of life quality, shaping the rural landscape character of many of their regions. Increased global demand for olive oil has acted as a catalyst for the intensification and expansion of olive groves [https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/olive/ar/ accessed April 2022]. Such intensification process has resulted in simplified landscapes with olive groves with low-nature values, driving greater negative environmental and socio-cultural impacts, particularly in the form of soil erosion, run-offs to water bodies, increased rates of soil fertility loss, degradation of habitats and cultural and semi-natural landscapes, and over-exploitation of scarce and vulnerable water resources (Agnoletti et al., 2016). In most situations, the relative scarcity of biological elements in the prevailing standard management models for intensive olive groves across the farm to landscape levels (other than olive trees), has led to the inefficiency of ecological regulatory mechanisms, which potentially provide agro-ecosystems with resilience to ever-changing environmental conditions and non-linear trajectories resulting in unexpected shocks.

2. AIM OF THE WORK

It is imperative to enhance the sustainability of the olive oil farming sector through the implementation and promotion of a set of innovative Sustainable Technological Solutions that are based on agro-ecological concepts. This requires the exchange and co-creation of knowledge involving multiple actors, networks and end-users. To achieve these targets, we explored the role of ontologies, as a formal organization of terms and concepts related to the olive growing and oil production sector. Ontologies might have a variety of applications, ranging from the classification of agricultural concepts, and the development of information and knowledge databases, to the research and development of intelligent search engines and the creation of cooperative information services (Chandrasekaran et al., 1999; Zheng et al., 2012).

2.1 National and regional heterogeneities, including barriers and opportunities

The idea of creating a glossary containing key concepts in agroecology, with a particular focus in the olive grove was a programed task of an international project, SUSTAINOLIVE [https://sustainolive.eu accessed April 2022], which main goal is to improve the sustainability of the olive oil sector, through the implementation and promotion of a set of innovative sustainable management solutions, based on agroecological concepts, as well as in the exchange of knowledge and participation of 6 different Mediterranean countries. One challenge of this project was to implement such goals across socio-cultural contexts operating in at least 6 different languages, besides English (Spanish, Portuguese, Italian, Greek, Arabic, French). The Mediterranean region is culturally very diverse, and the partnership of SUSTAINOLIVE reflects a good proportion of this diversity, so it has been felt as important to provide the partners, stakeholders and the general audience with a tool allowing for a definition of the most relevant agroecological concepts, to bring everybody on a common ground and avoid misunderstandings, which might derive from the translation of common concepts from English to national languages and vice versa. But additional forms of misunderstanding are possible. For example, the definition of one single concept might differ across countries or mean something different to various types of stakeholders, farmers or administrators. Thus, the creation of a glossary specifically dedicated to a sustainable olive agriculture aims to improve the dissemination and the acquisition of information of sustainable agricultural solutions and practices in olive groves. The entries collected therefore belonged to different fields, not only strictly to agriculture but to all those areas (such as socio-economics, computer sciences, environmental and territorial sciences) that play a potential role in driving the olive sector towards enhanced standards of sustainability.

3. DATABASE CONSTRUCTION

Our work considered commonly distributed ontologies, databases, vocabularies or taxonomies existing in the fields of agriculture, food, but also in ecology, environmental and sustainability sciences, territorial sciences and socio-economics, as well as published as part of scientific papers.

The Agricultural Information Management Standards (AIMS) Portal [http://aims.fao.org/, accessed April 2022] synthesizes the information about the agricultural sector. This Portal acts as the meeting point for several information sources, first of all the AGROVOC Thesaurus, created in 1980. AGROVOC is connected to AGRIS, a bibliographic database for recovering publications on all subjects. Additionally, the AgroPortal [http://aims.fao.org/agroportal, accessed April 2022] is a key resource about agricultural data, which is another key starting point for accessing several other resources. Several agricultural ontologies are cited in the most recent scientific literature, but most of them are generated for specific projects (Ngo et al., 2018), hence the idea to create an ontology specifically related to olive groves and the conceptual and operational framework of sustainability.

The following steps for conceptual assessment were undertaken:

- Attributing a meaning to key selected agroecological concepts, using the standard definition provided in English, and respective references to original sources;
- Sharing terms and concepts: each partner has access to all terms and can translate them into their national language; the same can be done in future for additional languages;
- Implementing interoperability of systems and processes: the translation into different languages and the transposition to the olive sector is the basis for operations in the different national contexts keeping the connection to sustainability goals and standards;
- Functioning as a decision support system: the information included in the database and gathered by partners in each national context allows for more efficient and coherent decisions to be made in the context of planned project activities.

The main agroecological concepts of relevance to identify and characterize Sustainable Technological Solutions were firstly identified and described based on literature search and the expertise of partners. Furthermore, surveys submitted to farmers and producers of different countries and olive grove farming models in the context of other tasks in our project [https://sustainolive.eu/resources/?lang=en accessed April 2022] were also examined to help unveil both apparent and hidden strengths, weaknesses, opportunities and threats for each of the olive farm management models and typologies identified, and to assess the diverse sets of solutions that are currently in place in the different regions and countries. These agroecological concepts were then compiled in a database format for easy consultation (Microsoft Excel), with a definition which includes references to official websites and scientific literature. To facilitate transfer to the end-users, links to the application in the olive growing sector are provided where relevant.

The database has been structured including several "boxes" corresponding to each concept containing the main components of each entry, or concept:

- Term: the name of the agroecological concept, process or parameter of interest;
- Definition: opens a hidden box with the text describing the concept;

- Sources: one or more sources containing relevant information, mostly with hyperlink to external websites;
- Application in olive groves: opens a hidden box with the short description, with references if needed, about the application of the term in the olive sector.

3.1 Translation of agroecological concepts to olive sector

An additional role for the proposed SUSTAINOLIVE ontology concerns the applicability of the same agroecological concepts to the olive growing sector, with details of how some practices are executed in olive groves. Since in each country the same problem can manifest in multiple different ways and that the olive growing sector has regionally and locally contingent characteristics, the inclusion of the information "Application in olive groves" allows different partners to address how the agroecological concept can be applied (or transposed) to olive farms and olive oil production systems in a specific region. Combined with the future translation in the different languages, this will provide the final operational tool to enable each partner to classify, describe and monitor the key Sustainable Technological Solutions involving local and other pertinent actors.

3.2 Classification of concepts

An ontology always includes a hierarchy, in which the concepts can be clustered under a set of established categories (Haverkort et al., 2006). For the purposes of our own research objectives, it was deemed relevant that each term or concept can be linked to the environmental challenges and solutions examined to move towards enhanced sustainability standards. Based on these considerations, we identified nine main issues for olive groves and farms which are of direct relevance for environmental and sustainability impact assessment: (i) soil and nutrition; (ii) water; (iii) biodiversity; (iv) diseases and pest management; (v) by-products; (vi) olive harvesting and olive oil production; (vii) ecosystem services; (viii) sustainability; (ix) socio-economic values. The agroecological concepts in the database are then linked to each of these categories of concepts, and these concepts are described in separate sheets resulting in the linkage of each term to one or more of the Sustainable Technological Solutions. For instance, the concept of "biochar" is connected to solutions dealing with soil fertility and improvement, as amendments, but also to the solutions dealing with management of residues, by-products and waste from cultivation, since it can result from pyrolysis of the pruning material or pits.

4. RESULTS AND PLAN FORWARD

The main product is a database open for public consultation (Figure 1; https://sustainolive.eu/resources/?lang=en) which includes links to external websites, connections with slides with extra information for terms considered particularly relevant and graphical representations to facilitate the transfer of key agroecological concepts to diverse types of end-users. The main novelty of our ontology is that the terms are categorized according to classes based on social-ecological and

sustainability challenges, making them directly useful for devising Sustainable Technological Solutions for the olive sector.

Figure 1. Screenshot of the SUSTAINOLIVE website with a downloadable version of the Ontology.



Source: screenshot from https://sustainolive.eu/resources/?lang=en

The database is fully accessible in the SUSTAINOLIVE website, it is already available in English and Spanish, and soon it will be available in other languages. The next step, once completed the translations, will be to use the data to finalize the ontology, by emphasizing attributes and relationships between terms, through specific programs (such as protégé, Knublauch et al., 2004) and in a programming language or coding language (e.g. Python) that will potentially allow the upload to different platforms.

Research has been realized under the project SUSTAINOLIVE (https://sustainolive.eu/?lang=en [accessed on: 29 May 2022]), financed by the PRIMA EU program. JMROJAS also acknowledges support from the FCT (Fundación de Ciencia y Tecnología - Portugal) to the CHANGE associated Lab and MED research Institute at the Universidade de Évora, funded under project UIDB/05183/2020.

BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

Agnoletti, M., Emanueli, F. (eds.) (2016): Biocultural diversity in Europe, Springer., Switzerland

Chandrasekaran, B., Josephson, J. R., Benjamins, R. (1999): 'What are ontologies, and why do we need them?', IEEE Intelligent Systems, Jan/Feb pp. 20-26. DOI: 10.1109/5254.747902

Haverkort, A. J., Top, J. L., Verdenius, F. (2006): 'Organizing data in arable farming: Towards an ontology of processing potato', Potato Res. 49, 177–201. DOI: 10.1007/s11540-006-9016-z

Knublauch, H., Fergerson, R. W., Noy, N. F., Musen, M. A. (2004): 'The Protege OWL plugin: an open development environment for Semantic Web applications', Third International Conference on the Semantic Web. pp. 229–243. DOI: 10.1007/978-3-540-30475-3_17

Ngo, Q. H., Le-Khac, N.-A., Kechadi, T. (2018): 'Ontology Based Approach for Precision Agriculture', arXiv:1811.06884v1. DOI: 10.1007/978-3-030-03014-8_15

Zheng, Y. L., He, Q. Y., Qian, P., Li, Z. (2012): 'Construction of the Ontology-Based Agricultural Knowledge Management System', J. Integr. Agric. 11, 700–709. DOI: 10.1016/S2095-3119(12)60059-8

PERSPECTIVAS EN EL MERCADO DEL SECTOR OLEÍCOLA: UN ANÁLISIS DE SERIES TEMPORALES.

Sánchez Arenas, Francisco M. Área de Economía de la Cadena Alimentaria. IFAPA Jaén, franciscom.sanchez.arenas@juntadeandalucia.es

RESUMEN: El *objetivo* de la comunicación es analizar el mercado del sector oleícola. La *metodología* se basa en la identificación de las principales variables que determinan el mercado, la obtención de series temporales e identificación de sus principales componentes. Las *fuentes* empleadas son estadísticas principalmente a nivel nacional y andaluz. Algunos *resultado*s son los siguientes: un descenso del valor de la producción de aceite de oliva, en Andalucía y España, a pesar de un crecimiento muy significativo del volumen de la producción; un consumo internacional de aceite de oliva creciendo ligeramente, destacando un ligero mantenimiento al alza del consumo en España, y a la baja en Italia, que contrasta con un especial crecimiento en Estados Unidos; un consumo significativo y al alza de AOVE en España, y especialmente Andalucía, en términos de volumen, valor y consumo *per cápita*, que junto al AOV, totalizan más de la mitad; y un intenso grado de internacionalización del mercado del aceite de oliva español, donde las exportaciones presentan una evolución ascendente. Las *conclusiones* principales indican que el mercado del sector oleícola presenta un panorama favorable respecto al crecimiento de la producción y exportaciones, en términos de volumen. No obstante, y a pesar de crecer también el consumo de AOVE en España, respecto a otros tipos de aceites, ello no se traduce en un mayor valor añadido en el sector, medido en términos de valor de la producción. Ello puede explicarse por una intensa fluctuación de los precios en origen, y el diferencial de cotizaciones a nivel internacional, a pesar de la diferencia de precios entre calidades. El sector ha de realizar una mayor inversión en promoción y comercialización de los aceites de mayor calidad, como el AOVE y de calidad diferenciada, y aprovechar la oportunidad de las intervenciones de desarrollo rural y apoyo sectorial.

PALABRAS CLAVE: Sector oleícola, Mercados, Aceite de oliva, Comercialización, Series temporales.

ABSTRACT: The *objective* of the communication is to analyse the market of the olive sector. The *methodology* is based on the identification of the main variables that determine the market, obtaining time series and identification its main components. *Sources* used are statistics mainly at the national and Andalusian level. Some *results* are as follows: a decrease in the value of olive oil production in Andalusia and Spain, despite a very significant growth in the volume of production; an international consumption of olive oil growing slightly, highlighting a slight increase in consumption in Spain, and a decrease in Italy, which contrasts with a special growth in the United States; a significant and rising consumption of EVOO in Spain, and especially Andalusia, in terms of volume, value and *per capita* consumption, which together with AOV, total more than half; and an intense degree of internationalization of the Spanish olive oil market, where exports show

an upward trend. The main *conclusions* indicate that the market for the olive sector presents a favourable outlook with respect to the growth of production and exports, in terms of volume. However, and despite the growth in the consumption of EVOO in Spain, compared to other types of oils, this does not translate into greater added value in the sector, measured in terms of production value. This can be explained by an intense fluctuation in prices at origin, and the price differential at the international level, despite the difference in prices between qualities. The sector must make a greater investment in the promotion and commercialization of higher quality oils, such as EVOO and of differentiated quality, and take advantage of the opportunity of rural development interventions and sector support.

KEYWORDS: Olive sector, Markets, Olive oil, Marketing, Time series.

1. INTRODUCCIÓN. OBJETIVOS.

El sector oleícola tiene una gran relevancia en el ámbito económico, social y ambiental de Andalucía, representando una parte importante a nivel nacional e internacional. Destaca una extensa superficie de olivar de almazara (1,5 millones has), con una intensidad alta en más de 300 municipios, y generando un volumen importante de empleo (19,3 millones jornales). También un complejo entramado empresarial, localizándose un elevado número de explotaciones oleícolas (162.454) y almazaras (833) con un intenso nivel de asociacionismo y destacando el papel de la Interprofesión, a través de las DOP e IGP Aceites de Jaén y de la Organización Interprofesional del Aceite de Oliva.

El mercado del aceite de oliva ha evolucionado al alza en los últimos años, fruto del incremento de la producción y del consumo. Ello ha supuesto que, a nivel nacional, el valor de la producción también haya ido creciendo. No obstante, este valor se ha fundamentado más en el crecimiento de la producción y no tanto en los precios en origen que continúan siendo inestables, incluso pudiendo no responder a las señales propias de la oferta y demanda. El *objetivo* de la comunicación es analizar el mercado del sector oleícola, principalmente a nivel andaluz y nacional. Los objetivos específicos son: (i) identificar las perspectivas de crecimiento de la producción, (ii) estudiar la evolución de los precios; (iii) caracterizar el consumo y el comercio exterior.

La estructura de la comunicación consta de cinco apartados: el primero donde se presenta el objetivo general y los objetivos específicos de la comunicación, así como la estructura, y un segundo donde se expone la metodología y fuentes empleadas. Los apartados tercero y cuarto muestran los

resultados obtenidos del análisis. En el tercero se analiza la evolución de la producción, a distintos niveles (provincial-regional, nacional-europeo e internacional) y las cotizaciones de los aceites de oliva. Resultado de ambas variables, se obtiene la evolución del valor de la producción. En el cuarto apartado, relativo al mercado de los aceites de oliva, se identifica la evolución de su balance a nivel nacional, profundizando en los dos principales componentes del mercado: el consumo y el comercio exterior. Los resultados del consumo se exponen a nivel internacional-comunitario y nacional-andaluz, desagregado según calidades de aceites de oliva y presentando los consumos *per cápita* (incluyendo otros aceites vegetales, como el de girasol). En cuanto al comercio exterior, y específicamente las exportaciones, se muestran los principales países receptores de aceite de oliva, describiendo la importancia de las exportaciones andaluzas. El quinto apartado es el relativo a las principales conclusiones y propuestas relativas a la situación y perspectivas del mercado de los aceites de oliva. Finalmente se incluye un apartado de referencias bibliográficas.

2. METODOLOGÍA Y FUENTES.

La *metodología* se basa en las siguientes fases: (i) identificación de las principales variables que determinan el mercado (producción, mercado interior, exportaciones así como precios y valor de la producción); (ii) Obtención de series temporales; (iii) identificación de las componentes de las series, especialmente la tendencia.

Las variables identificadas se agrupan en el ámbito de la producción, precios y valor de la producción, por un lado, y del mercado, representado principalmente por el consumo y el comercio exterior, por otro. Estas variables se analizan para la totalidad de los aceites de oliva y, en algunos casos, particularizado para el tipo de aceite de oliva (Aceite de Oliva Virgen Extra, Aceite de oliva Virgen, Aceite de Oliva, y adicionalmente Aceites vegetales, como el de girasol). Igualmente dichas variables son analizadas en distintos ámbitos: andaluz, nacional e internacional (incluyendo el de la UE) (Tabla 1).

Las *fuentes* empleadas son a nivel internacional (COI), nacional (INE, MAPA y MINCOTUR) y andaluz (CAGPDS) y una revisión de las principales aportaciones de la literatura. De forma específica, y por parte del Ministerio destaca la información de la Agencia de Información y Control Alimentaria, del Anuario de Estadística Agroalimentaria y el Informe de Consumo Alimentario; y por parte de la Consejería de Agricultura, el Observatorio de Precios y Mercados (Tabla 1).

Tabla 1. Variables: Producto, ámbito y fuentes.

		Variables	Producto				Ámbito				Fuente			
			Tot	Aove	Aov	Ao	And	Esp	UE	InterN	And	España		InterN
Prodn, Precios, Valor Prod		Prodn	x				x	x	X	x		Mapa-Aica		COI
		Precios	x				x	x	X		Cag-pds-Obs	Mapa-Anuario	Mapa-Mesa S	
		Valor Prodn.	x				x	x			Cagpds			
Mercado	Balance Mercado		x					x				Mapa		
	Consumo	C.	x					x	X	x		Mapa-Infcon		COI
		C pc	x	X	x	x	x	x						
		C. perfil		X		x		x						
	Com. Ext	Exporta	x	X	x	x	x	x					DataC	
											Cag-pds-Obs	Mapa-Bol. Com. Ext		
		Importaciones	x					x						

Fuente: Elaboración propia

La identificación de la tendencia se realiza a través de la determinación de la variación relativa de una serie temporal, denominada tasa, definida como el cociente entre una variación absoluta y una medida del tamaño de la serie. Si se multiplican por 100 se describe como porcentaje. La más conocida es la denominada "crecimientos básicos" de una serie temporal, calculamos la tasa de variación de un año respecto al año consecutivamente anterior. De esta forma la fórmula sería la siguiente:

TV = [(Yt – Yt-1) / Yt-1], en tanto por uno, o expresada en tanto por cien: TV = [(Yt – Yt-1) / Yt-1] x 100 = TV (%)

donde:

- TV: Tasa de variación del periodo en porcentaje (%)
- Yt: Último valor del periodo comparado
- Yt-1: Valor anterior en 1 año anterior.

Nótese que los crecimientos básicos resultan de dividir el incremento de la serie entre el valor anterior de la misma. En la fórmula hemos utilizado un subíndice t en referencia el tiempo. De modo que t es ahora y t-1 es el año anterior. Para calcular dicha tasa de variación necesitaremos los valores absolutos de las variables en los distintos años correlativos.

Adicionalmente se determina la *tasa de variación media simple***,** consistente en dividir la tasa obtenida con anterioridad entre el número de períodos que separan al primero y al último (la media aritmética o media simple)

TVMS= $(Tv^{t/t-1})/n$ donde:TV es la tasa de variación de un año respecto al año consecutivamente anterior.

Las tasas de variación nos permiten la comparación de datos a distintos niveles, provincial, regional y/o nacional. También nos permite la comparación de series distintas, dado que se eliminan las unidades en las que dichas series vienen expresadas.

Adicionalmente, se determina también la *media aritmética,* en términos absolutos y relativos, de las variables en los períodos considerados.

3. RESULTADOS I: PRODUCCIÓN Y PRECIOS DE ACEITES DE OLIVA.

3.1. Producción de aceites de oliva.

La producción media de aceites de oliva en las últimas 8 campañas (2013-14 – 2020-21) en Andalucía y España, según datos de AICA, ha sido aproximadamente de 1,1 y 1,4 millones de Tm**,** con un récord en la campaña 2018/19 de 1,5 y 1,8 millones de Tm, respectivamente. La evolución de la producción ha sido ascendente, creciendo en términos medios durante estas últimas 8 campañas aproximadamente un 5% tanto en Andalucía como en España. Destaca principalmente, la evolución de la provincia de Jaén, con un incremento de la producción media del 13,6%. Andalucía representa sobre el total nacional el 80% de la producción. Jaén representa el 46% del total de la producción andaluza y Córdoba el 25% (Tabla 2).

Tabla 2. Producción de Aceites de Oliva en Andalucía y España (2014/15 a 2020/21).

		MEDIA		TVMS
		(Tm)	(%)	(%)
Andalucía	Jaén	**501.484**	**45,7%**	**13,6 %**
	Córdoba	**268.801**	**24,5%**	**5,4 %**
	Granada	**121.335**	**11,1%**	**2,3 %**
	Sevilla	**108.174**	**9,9%**	**2,4 %**
	Málaga	**66.618**	**6,1%**	**-0,5 %**
	Almería	**12.990**	**1,2%**	**8,5 %**
	Cádiz	**10.066**	**0,9%**	**4,2 %**
	Huelva	**7.664**	**0,7%**	**8,9 %**
	Total	**1.097.131**	**100,0%**	**5,0 %**
España		**1.361.207**		**4,6 %**
And/Esp		**80,6%**		

Fuente: AICA. Elaboración propia.

A nivel mundial, y atendiendo a datos de las últimas 8 campañas oleícolas del COI (2021), la producción española media es la principal en el ámbito europeo y mundial, representando aproximadamente ⅔ de la de la UE (67%) y el 45% de la mundial. En la UE, con aproximadamente 2 millones Tm, se localiza ⅔ de la producción mundial, destacando también Italia (320 miles Tm; 16% y 11% de la UE y mundial, respectivamente), Grecia (250 mil Tm; 12% y 8% de la UE y mundial, respectivamente) y Portugal (100 mil Tm; 5% y 3% de la UE y mundial, respectivamente). Destaca igualmente otros países del Mediterráneo como son Túnez (212 mil Tm; 6,5%), Turquía (190 mil Tm; 6,2%), y Marruecos (142 mil Tm; 4,6%). Finalmente, las producciones en otros países son muy reducidas, destacando en el Hemisferio Sur Argentina (30 mil Tm; 1%).

La producción mundial de aceites de oliva se sitúa alrededor de los 3 millones de Tm. de aceite de oliva, siendo destacable una inestabilidad productiva debido a que el cultivo es sensible a los valores climatológicos a lo que hay que sumarle la vecería del cultivo y, por otro lado, un patrón de crecimiento sostenido, debido a la plantación constante de nuevas explotaciones y a la implementación de procesos con una intensidad productiva mayor (Vilar y Pereira, 2018: 72) (Tabla 3).

Tabla 3. Producción aceites de oliva a nivel UE y mundial. Evolución (miles Tm).

		MEDIA			TVMS
		(mil Tm)	(%)		(%)
UE	**España**	**1.361**	**66%**	**45%**	**5%**
	Italia	323	16%	11%	**23%**
	Grecia	254	12%	8%	**25%**
	Portugal	101	5%	3%	**13%**
	Total UE	**2.052**	**100%**	**67%**	**2%**
Otros Mediterráneo	**Túnez**	**211,9**		**7%**	**88%**
	Turquía	**189,9**		**6%**	**9%**
	Marrruecos	**141,9**		**5%**	5%
	Siria	117,3		4%	-4%
	Argelia	79,3		3%	12%
Hemisferio Sur	Argentina	30,1		1,0%	5,4%
	Chile	19,1		0,6%	5,2%
	Australia	18,2		0,6%	**23%**
Total Mundial		**3.040**		**100%**	**1%**

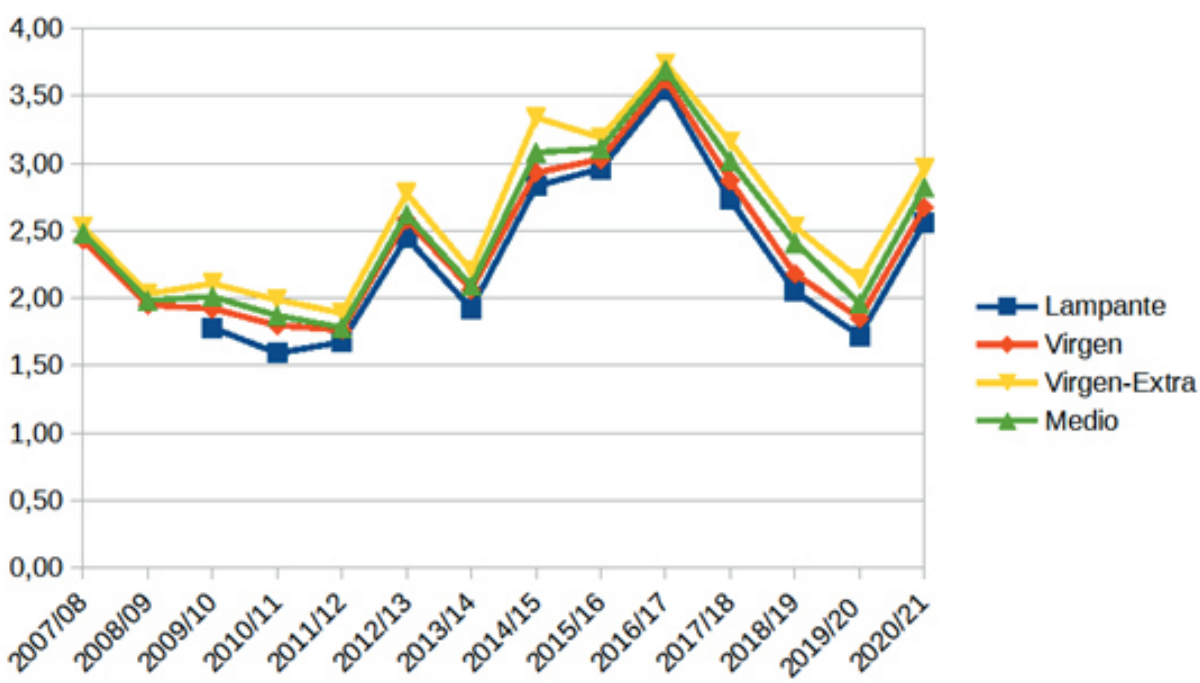
Fuente: COI (2021). Elaboración propia.

3.2. Precios aceites de oliva.

3.2.1. Precios en origen.

Los precios de los aceites de oliva en origen se caracterizan por ser fluctuantes**.** Así, desde la campaña 2007/08, se observa (Figura 1): (i) Una evolución positiva del precio medio, siendo destacable un crecimiento al alza del precio medio desde la campaña 2007/08 (2,48 €/kg) a la campaña 2020/21 (2,82 eur/kg) y un promedio de las variaciones interanuales positivo, siendo del +4,5%, identificándose, por un lado, campañas con crecimientos muy notables por encima del 40% (caso de las campañas 2012/13, 2014/15 y 2020/21) y, por otro, campañas con descensos acusados, de alrededor del 20% (2008/09, 2013/14 y 2018/09; (ii) Dos períodos claramente diferenciados. De forma negativa, el período 2008/09 a 2011/12 (4 campañas) por un precio medio inferior o próximo a los 2 euros, y de forma positiva, el período 2014/15 a 2017/18 (4 campañas) con un precio medio superior a los 3 euros. En el caso de la campaña 2016/17, se llegaron a las mayores cotizaciones (medio: 3,69 eur/kg y el virgen extra a 3,74 eur/kg; (iii) Campañas individuales que destacan por su singularidad. Así mientras la Campaña 2019/20 presenta un precio medio inferior a los 2 euros/kg (1,96 eur/kg), afectando solo a esta campaña en lugar de a un periodo, la campaña 2021/22 presenta un precio medio superior a los 3 euros (3,16 eur/kg), que habrá que ver si afectará las campañas posteriores (Figura 1).

Figura 1. Evolución del precio de los Aceites de Oliva.



Fuente: Observatorio de Precios. Consejería Agricultura.

- Precios AOVE Ecológico.

El precio medio en origen del AOVE ecológico se mantiene por encima del precio medio del AOVE no ecológico. Durante las últimas seis campañas (2014/20 a 2019/20), y según el Observatorio de Precios de Andalucía, el precio medio del AOVE Eco (3,67 €/kg) estuvo en 0,66 eur/kg (+ 22%) por encima del AOVE no eco (3,02 eur/kg). La mayor diferencia se observa en la campaña 2017/18, tanto en valor absoluto (+0,80 eur/kg) como relativo (+25%), mientras que la menor diferencia se identifica en la campaña 2019/20 (0,51 eur/kg), en términos absolutos, y en la campaña 2016/17 (16%), en términos relativos (Tabla 4).

Tabla 4. Diferencial precios Aceite Oliva Virgen Extra Ecológico y no Ecológico en Andalucía.

		Eco	**No Eco**	**Diferencia**	
n	**Campaña**	**€/kg**	**€/kg**	**€/kg**	**%**
1	2014/15	4,11	3,34	0,77	23 %
2	2015/16	3,89	3,19	0,71	22 %
3	2016/17	4,34	3,74	0,59	16 %
4	2017/18	3,96	3,16	0,80	25 %
5	2018/19	3,11	2,54	0,57	23 %
6	2019/20	2,64	2,13	0,51	24 %
	Media	**3,67**	**3,02**	**0,66**	**22 %**

Fuente: Cagpds. Observatorio de Precios. Elaboración propia.

- Precios Internacionales.

Las cotizaciones de la categoría virgen extra en los mercados internacionales es superior a las existentes en España. En especial destaca el caso de Italia. Las cotizaciones en España son de media en las últimas tres campañas, un 37% (-1,5 eur/kg), si bien dicha diferencia se ha ido reduciendo, desde un -45% al -24% de la última campaña (Tabla 5).

Las cotizaciones españolas del AOVE también son inferiores a Grecia, si bien dicha diferencia es mucho menor (-5%). En el caso de Túnez el comportamiento es dispar según la campaña.

Tabla 5. Diferencial precios Aceite Oliva Virgen Extra a nivel internacional - UE.

		2019/39	2020/39	2021/39	Promedio
	Italia	4,09	3,71	4,19	
	Grecia	2,52	2,21	3,20	
	Túnez	2,33	1,98	3,48	
	España	2,24	2,15	3,18	
España s/	Italia	-1,9	-1,6	-1,0	-1,5
		-45 %	-42 %	-24 %	-37 %
	Grecia	-0,28	-0,06	-0,02	-0,1
		-11 %	-3 %	-1 %	-5 %
	Túnez	-0,09	0,17	-0,3	-0,1
		-4 %	9 %	-9 %	-1 %

Fuente: Mapa (2021). Mesa sectorial aceite de oliva. Elaboración propia.

Una de las razones de dicha diferencia puede deberse al menor diferencial que existe en España entre el Virgen Extra y el Lampante, respecto a otros países, y especialmente Italia. Lo que denota la mayor importancia de la calidad en este país.

Si se observa las cotizaciones en origen en la semana 43 de la campaña 2021/22, se identifica una diferencia de más de 2 eur/kg en Italia (+92%) y de 1 eur/kg en Grecia (+46%). En los casos de España y Túnez la diferencia no llega a medio euro (0,45 €/kg en el caso de Túnez y 0,43 eur/kg en el caso de España), lo que se traduce en una diferencia escasa del 15% (Tabla 6).

Tabla 6. Precios medios origen. Semana 43, campaña 2021/22.

	Virgen Ex.	Lampante	Diferencia	
	€/kg	€/kg	€/kg	%
Italia	4,40	2,29	2,11	92 %
Grecia	3,42	2,35	1,07	46 %
Túnez	3,48	3,03	0,45	15 %
España	3,26	2,83	0,43	15 %

Fuente: ISMEA y PoolRed. Citado en Cagpds (2021).

3.2.2. Precios Origen vs. Precios Destino.

El comportamiento de los precios en destino destaca por presentar una menor fluctuación, tal y como se observa en las menores variaciones interanuales de éstos respecto a los de origen (Tabla 7). Así se observa que la variación 2019/14 en virgen extra en destino (+3%) es mayor en el destino (+18%). Incluso las cotizaciones de los aceites de oliva en este período han descendido en origen (-1% y -14%) y en destino han aumentado (+11%).

Si se analiza la variación interanual en los 4 últimos años, se identifica una disminución promedio cada año en las cotizaciones en origen, entre el 8 y 13%, mientras que dichas disminuciones promedio en destino son menos acusadas (4% en todas las cotizaciones).

Tabla 7. Precios Origen *vs* Destino.

		Origen (1)			Destino (2)		
			A Oliva				
		Extra	Fino 1-1,5º	Corriente 1,5-3º	Virgen Extra	Virgen	A. Oliva
2014		2,31	2,13	2,01	3,17	2,53	2,57
2015		3,44	3,18	2,97	3,89	3,35	3,11
2016		3,21	3,07	2,95	4,25	3,65	3,32
2017		3,77	3,68	3,61	4,47	3,99	3,73
2018		3,05	2,80	2,65	4,28	3,79	3,48
2019		2,38	2,11	1,72	3,74	3,15	2,84
2020		sd			3,50	2,87	2,53
Var.	19/18	-22%	-25%	-35%	-13%	-17%	-18%
	18/17	-19%	-24%	-27%	-4%	-5%	-7%
	17/16	18%	20%	23%	5%	9%	12%
	Promedio	-8%	-10%	-13%	-4%	-4%	-4%
	19/14	3%	-1%	-14%	18%	25%	11%

Fuente: (1) Mapa-Anuario Estadística (2020) (2) Mapa-Informe consumo alimentario (varios años). Elaboración propia.

3.3. Valor de la producción.

El valor de la producción del sector del aceite de oliva se sitúa en términos medios en los últimos siete años (2014-20) en 2.429 millones de euros en España y en Andalucía en 2.010 millones de euros. El valor de la producción andaluza supone el 83% del total nacional. El porcentaje del valor de la producción de aceite de oliva sobre la producción vegetal y la producción de la rama agraria,

es mucho mayor en Andalucía que en España. Así el valor del aceite de oliva sobre la producción vegetal es del 19,3% en Andalucía, mientras que es del 8% a nivel nacional.

La media de las variaciones interanuales del valor de la producción de aceite de oliva en el período 2014-20, muestra un ligero descenso en el aceite de oliva (-3%) tanto en Andalucía como en España. Ello contrasta con la evolución positiva del valor de la producción vegetal y el de la rama agraria, que crece aproximadamente el 3% en Andalucía y en España en este período (Tabla 8).

Tabla 8. Valor de la producción del aceite de oliva y aceituna (almazara y mesa).

		MEDIA (M €)	TVMS (%)
Andalucía	**ACEITE DE OLIVA**	**2.010**	**-3,0 %**
	ACEITUNA (*)	**1.183**	**19,5 %**
	Producción Vegetal	**10.435**	**2,6 %**
	Producción Rama Agraria	**12.601**	**2,7 %**
	Aceite de oliva/PV	**19,3%**	
	Aceite de oliva/PRA	**16,0%**	
España	**ACEITE DE OLIVA**	**2.429**	**-2,9 %**
	Producción Vegetal	**29.211**	**3,3 %**
	Producción Rama Agraria	**49.346**	**3,1 %**
	Aceite de oliva/PV	**8,4%**	
	Aceite de oliva/PRA	**5,0%**	
And/España	**ACEITE DE OLIVA**	**82,6%**	

(*) Incluye aceituna de mesa aceituna de almazara que transforman las industrias.
Fuente: Mapa (varios años) y Capgds (varios años). Elaboración propia.

4. RESULTADOS II: MERCADO DE LOS ACEITES DE OLIVA.

4.1. Balance de mercado.

El balance de mercado integra no solo la oferta (producción e importaciones) sino también la demanda (mercado interior y exportaciones). Así, el mercado total de aceites de oliva promedio de las últimas 7 campañas (2013/14 a 2020/21) en España asciende aproximadamente a 1,5 millones Tm. Está conformado principalmente por las exportaciones con un promedio de 964,5 mil Tm (66% del total del mercado) y del mercado interior/consumo con aproximadamente 500 mil Tm (34%) (Mapa, varios años). La importancia de las exportaciones y su evolución ascendente, con

un 3,5% de crecimiento anual de media, es fundamental en el crecimiento del sector. El mercado interior, por su parte, presenta una evolución menos positiva que las exportaciones, con un crecimiento anual del medio del 2,9%

Para atender a este mercado, se dispone de los datos de producción, 1,3 millones Tm y los de las importaciones (157 mil Tm de media) (Tabla 9).

Las existencias iniciales y finales en cada campaña se sitúan en torno a los 400.000 Tm. Estas se distribuyen entre las almazaras y los envasadores/operadores y, en menor medida, el Patrimonio Comunal Olivarero.

Tabla 9. Balance de Mercado de aceites de oliva en España (2013/14 a 2020/21).

			MEDIA		
			mil Tm.	%	TVMS
Origen	Existencias iniciales (1 oct)		420		16,8 %
	Producción		1.361		4,6 %
	Importaciones		157		9,8 %
	Total		**1.878**		**6,2 %**
Destino	**Mercado**	Exportaciones	**965**	**66%**	4,9%
		Mercado Int.	**507**	**35%**	1,0%
		Total	**1.469**	**100%**	**3,8%**
	Existencias finales (30 sep)		**409**		25,1 %
	Total		**1.878**		**6,2 %**

Fuente: Mapa (varios años). Elaboración propia.

4.2. Consumo

4.2.1. Consumo a nivel internacional.

El consumo a nivel internacional, y en base a datos del COI de los últimos 8 años, destaca un nivel de consumo similar a la producción entorno a los 3 millones de Tm. La UE, donde se consume más de la mitad a nivel mundial (1,6 millones Tm; 52%). Es de destacar Italia y España con el mayor nivel de consumo: aproximadamente 500.000 Tm. cada uno. En estos dos países se localiza el ⅔ y ⅓ del consumo a nivel de la UE y mundial, respectivamente. Destacan también por ser países productores. También otros países que, no siendo productores, destacan por su consumo son: Francia (114 mil Tm), y Alemania, Reino Unido y Portugal alrededor de las 65.000 Tm, cada uno. Fuera de la UE, destaca, por un lado, los países que no son productores significativamente como Estados Unidos con un consumo relevante (336 mil Tm; 11%), Brasil (78 mil Tm) y China (44 mil Tm) y una tendencia creciente y Japón (59 mil Tm). Por otro lado, los países productores

del mediterráneo no UE como Turquía y Marruecos presentan consumos también relevantes, de 150 y 130 mil Tm, respectivamente (Tabla 11).

Como se observa, el consumo de aceite de oliva está fuertemente relacionada con los países que lo producen (Vilar y Pereira, 2018: 65). Así ocurre con los países productores de la UE y los del Mediterráneo no UE. Esto pone de manifiesto que" el consumo de estos productos se produce por la cercanía y familiaridad que estos mercados tienen con ellos".

Tabla 10. Consumo de aceites de oliva en la UE y a nivel mundial (2013/14 a 2020/21).

		MEDIA			TVMS
		(miles Tm)	(%)		%
UE	**España**	**498,4**	**31,6%**	**16,5%**	**0,5%**
	Italia	**520,7**	**33,0%**	**17,2%**	**-2,1%**
	Grecia	**124,0**	**7,9%**	**4,1%**	**-2,2%**
	Francia	**113,5**	**7,2%**	**3,7%**	**4,0%**
	Portugal	67,7	4,3%	2,2%	-3,1%
	Alemania	64,9	4,1%	2,1%	-0,2%
	Reino Unido	64,4	4,1%	2,1%	-10,9%
	Total UE	**1.576,8**	**100%**	**52,1%**	**-0,8%**
Otros Mediterráneo	**Turquía**	**147,6**		**4,9%**	**8,0%**
	Marruecos	**128,8**		**4,3%**	**2,6%**
	Siria	113,0		3,7%	-5,5%
	Argelia	78,8		2,6%	10,0%
Hemisferio Sur	Brasil	77,7		2,6%	7,2%
	Australia	44,3		1,5%	5,9%
Otros	**Estados U.**	**336,3**		**11,1%**	**3,9%**
	Japón	58,9		1,9%	2,9%
	China	44,3		1,5%	7,8%
Total Mundial		**3.027**		**100%**	**0,7%**

Fuente: Mapa (varios años). Elaboración propia.

4.2.2. Consumo a nivel nacional y andaluz.

El consumo a nivel nacional y andaluz, atendiendo a los datos del panel de consumo alimentario del Ministerio (consumo de los hogares) de los últimos 5 años (2016 a 2020), presenta un volumen de consumo de 367.825 mil Tm y 65.416 mil Tm del total de los aceites de oliva en España y Andalucía, respectivamente. Hay una estabilización a nivel nacional y andaluz del consumo del total de aceites de oliva, en volumen, del 0,1% y 1,1%, respectivamente. No obstante, el valor del total de los aceites de oliva

desciende ligeramente a nivel nacional (-0,7%) y aumenta también ligeramente en Andalucía (0,9%). En términos *per cápita*, también se identifica esta ligera evolución en valor. Por tipos de aceites destaca (Tabla 11): (i) AOVE es el tipo de aceite de oliva más consumido en Andalucía (50% en volumen y 54% en valor), con un consumo *per cápita* medio de 3,9 litros y 13,7 €. A nivel nacional, los datos son inferiores a Andalucía, siendo el segundo en importancia (35% en volumen y 48% en valor) y con un consumo *per cápita* de 2,8 litros y 11,3 €; se identifica un incremento muy significativo del consumo del AOVE, más a nivel andaluz (+6,2% en volumen y +6,1% en valor) que nacional (4,9% en volumen y 2,9% valor). También el consumo *per* cápita ha crecido significativamente situándose en 2020 en 4,7 litros y 15,2 euros en Andalucía; (ii) Aceite de Oliva: Es el primer tipo de aceite más consumido en España (53% en volumen y 48% en valor), con un consumo per cápita medio de 4,3 litros y 13,5 €. A nivel andaluz, los datos son inferiores a España, siendo el segundo en importancia (38% en volumen y 34% en valor) y con un consumo *per cápita* de 2,9 litros y 8,8 euros. Se identifica un descenso del consumo, siendo en Andalucía (-2,2% en volumen y -3% en valor) y en España (-1,7% en volumen y -3% en valor). El consumo *per cápita* se ha situado en España y en 2020 en 4,3 litros y 13,5 euros.

Finalmente indicar la importancia menor de Andalucía en el consumo nacional de aceite de oliva, a pesar de la gran importancia del sector en Andalucía. Así en el total de los aceites de oliva, en términos de volumen y valor se sitúa alrededor del 17-18% y en términos *per cápita* Andalucía (7,7 litros y 25,6 euros) está a un 90-95% del nivel nacional (8,1 litros y 28,3 euros).

Tabla 11. Consumo de aceite de oliva en España y Andalucía 2016-20.

				MEDIA		
				milL/L/€/mil€	%	TVMS
ESPAÑA	AO	Volumen	mil L	193.942	53 %	-1,7 %
		Valor	mil €	612.126	48 %	-3,0 %
		Consumo *pc*	L	4,3		-2,3 %
		Consumo *pc*	€	13,5		-3,5 %
	AOV	Volumen	mil L	44.662	12 %	2,9 %
		Valor	mil €	159.597	12 %	6,5 %
		Consumo *pc*	L	1,0		2,7 %
		Consumo *pc*	€	3,5		6,0 %
	AOVE	Volumen	mil L	129.221	35 %	4,9 %
		Valor	mil €	516.253	40 %	2,9 %
		Consumo *pc*	L	2,8		3,8 %
		Consumo *pc*	€	11,3		2,1 %
	Total Aceites Oliva	Volumen	mil L	367.825	100 %	0,1 %
		Valor	mil €	1.287.976	100 %	-0,7 %
		Consumo *pc*	L	8,1		-0,5 %
		Consumo *pc*	€	28,3		-1,3 %

ANDALUCÍA	AO	Volumen	mil L	**24.941**	**38 %**	-2,2 %
		Valor	mil €	**75.613**	**34 %**	-3,0 %
		Consumo *pc*	L	**2,9**		-2,7 %
		Consumo *pc*	€	**8,8**		-3,3 %
	AOV	Volumen	mil L	**7.609**	**12 %**	1,7 %
		Valor	mil €	**26.054**	**12 %**	3,9 %
		Consumo *pc*	L	**0,9**		1,4 %
		Consumo *pc*	€	**3,0**		3,5 %
	AOVE	Volumen	mil L	**32.867**	**50 %**	6,2 %
		Valor	mil €	**118.589**	**54 %**	6,1 %
		Consumo *pc*	L	**3,9**		3,1 %
		Consumo *pc*	€	**13,7**		5,4 %
	Total Aceites Oliva	Volumen	miles L	**65.416**	**100 %**	1,1 %
		Valor	mil €	**220.256**	**100 %**	0,9 %
		Consumo *pc*	L	**7,7**		-0,2 %
		Consumo *pc*	€	**25,6**		0,4 %
AND/ ESP	Total Aceites de Oliva	Volumen	mil L	**18 %**		
		Valor	Mil €	**17 %**		
		Consumo *pc*	L	**95 %**		
		Consumo *pc*	€	**90 %**		

Fuente: Mapa (varios años). Elaboración propia.

4.2.3. Consumo per cápita de aceites.

El consumo *per cápita* de aceite en España se sitúo de media en los últimos 5 años (2016-2020) en 12,3 litros/persona-año (Mapa, 2021). Hay dos grupos de aceites que protagonizan el mercado. Por un lado el grupo mayoritario de los aceites de oliva, que totalizan 2/3 del consumo *per cápita* (67%). En este grupo destaca el consumo *per cápita* del AOV y AOVE con un valor medio en este período 3,8 l/per-año, representando el 31% y con una evolución ascendente (+6%). El más significativo es el AOVE cuyo consumo *per cápita* ha crecido de los 2,5 l/persona-año de 2016 a los 3,6 l/persona-año, siendo el crecimiento del 10% y representando el 23% del consumo de todos los aceites en los últimos cinco años. El Aceite de Oliva es el tipo más consumido, con un promedio de 4,3 l/persona-año (35%), pero una evolución descendente en los últimos 5 años (-1%) pasando de los 5 l/per-año de 2016 a los 4,3 l/p-año de 2020 (Tabla 12).

El otro grupo de aceites vegetales representa el otro tercio del consumo *per cápita* con 4 l/p/a (33%). Es el aceite de girasol el tipo de aceite más representativo con una media de 23,7 l/persona-año y una evolución ascendente de +0,5 l/p-a (+6%).

Tabla 12. Consumo *per cápita* de los tipos de aceite. España 2016-2020.

			MEDIA		TVMS
			(l/p-año)	(%)	%
Aceites de Oliva	**AOVE+ AOV**	**AOVE**	**2,8**	**23 %**	**10 %**
		AOV	**1,0**		**-4 %**
		SubTot	**3,8**	**31 %**	**6 %**
	Aceite de Oliva		**4,3**	**35 %**	**-1 %**
	Aceite de Orujo		**0,1**		**-11 %**
	Total		8,2	**67 %**	**2 %**
Aceites vegetales	**A. Girasol**		**3,7**	**30 %**	**6 %**
	A. semilla y otros		**0,4**		**-20 %**
	Total		4,0	**33 %**	**2 %**
Total			**12,3**	**100 %**	2 %

Fuente: Mapa (varios años). Elaboración propia.

4.2.4. Aspectos demográficos y socioeconómicos del consumo de aceites.

El consumo de aceites de oliva presenta diferencias según el perfil demográfico, la edad del responsable de compras y la clase socioeconómica. Se expone a continuación los datos de 2020 atendiendo a los tres principales tipos de aceites: AOVE, Aceite de Oliva y Aceite de Girasol (Tabla 13).

a) Perfil sociodemográfico.

El perfil consumidor de mayor relevancia en cuanto a volumen, por encima de su nivel poblacional, y/o consumo *per cápita,* por encima de la media nacional, son los tres tipos de hogares siguientes: (i) *retirados* que consumen no solo más AOVE (31%) al ser el grupo poblacional de mayor representación (25%) sino también en términos de consumo *per cápita* (6,8 l/per-año). Este grupo realiza un consumo menor en los otros dos tipos de aceites (de oliva y girasol) en términos de volumen, si bien el consumo *per capita* del Aceite de Oliva (8,3 l/per-año) es el mayor de todos; (ii) *parejas adultas sin hijos*, que representan el 11,5% de la población, consumen el 14,2% del AOVE y 16% del Aceite de Oliva. En estas dos categorías el consumo *per cápita* está por encima del valor medio (4,9 l/per-año en AOVE y 7,2 l/per-año en Aceite de Oliva); y (iii) *adultos independientes*, tienen consumos *per cápita* superiores a la media en los 3 tipos de aceites (AOVE, AO y A.Girasol), aunque consumen un volumen reducido de los 3 tipos de aceites, por debajo de lo que representan en el conjunto de la población (8,3%).

Por otro lado, los siguientes tres grupos tienen un nivel de consumo por debajo de su nivel poblacional y además tienen un consumo per cápita inferior a la media nacional: (i) *jóvenes*

independientes, quienes menos compran aceite, aproximadamente un 2% en cada uno de los tres tipos de aceites analizados, cuando lo esperado debería ser al menos su peso poblacional (5,5%). El consumo *per cápita* de este grupo poblacional está en la media, con un nivel en el AOVE algo superior; y (ii) ***jóvenes sin hijos*** y *parejas con hijos* pequeños caracterizado por presentar un consumo *per cápita* inferior a la media.

b) Edad responsable de compra.

Aproximadamente el 70% del AOVE y Aceite de Oliva consumido en España se adquirieron por parte de hogares cuyo responsable de compras es mayor de 50 años, por encima del peso que tienen en hogares a nivel de España (58%). El grupo de más de 65 años se caracteriza además por presentar consumos *per cápita* muy superiores a la media nacional (6,4 l/p-a en AOVE y 7,9 l/p-a en Aceite de Oliva). Por el contrario, si el responsable de compra tiene menos de 50 años el consumo es mucho menor en los tres tipos de aceites.

c) Clase socioeconómica.

Se identifica diferencias significativas en el consumo de AOVE y Aceite de Girasol según la clase socioeconómica, tanto en volumen como en consumo *per cápita.* Mientras la clase alta y media alta, que representa el 16% de la población, tiene un consumo mayor de AOVE (21% y 4,7 l/p-a) y más bajo de Aceite de Girasol (14% y 3,5 l/p-a), la clase baja realiza un consumo mayor del Aceite de Girasol (29% y 4,5 l/p-a) y más bajo de AOVE (22% y 3,1 l/p-a).

Además, se identifica un comportamiento similar aunque menos intenso de la clase media respecto a la clase alta y media alta así como también en el comportamiento de la clase media baja respecto a la clase baja, en lo que respecta al volumen y consumo *per cápita* de AOVE y Aceite de Girasol.

Tabla 13. Consumo aceite de oliva según perfil demográfico, edad responsable compras y clase socioeconómica. España 2020.

				AOVE		Aceite Oliva		Aceite Girasol	
			% Población	% Volumen cons.	Cons. *pc* (l/per-año)	% Volum.cons.	Cons. *pc* (l/per-año)	% Volum. cons.	Cons. *pc* (l/per-año)
Perfil demográfico	**Retirados**		**25,0**	**31,5**	**6,8**	**29,8**	**8,3**	**22,7**	**5,5**
	Parejas	Con hijos edad med.	14,4	15,6	2,4	14,7	3	20,9	3,7
		Con hijos pequeños	11,4	8,1	1,7	8,7	2,3	12,4	2,9
		Adultas sin hijos	**11,5**	**14,2**	**4,9**	**15,9**	**7,2**	**12,5**	**4,9**
		Jóvenes sin hijos	8,3	4,5	2,3	4,5	3	5,8	3,4
		Con hijos mayores	9,4	13,5	3,5	13,4	4,6	13,2	3,9
	Adultos indep.		8,3	5,1	5,3	5,4	7,4	3,7	4,3
	Hogares monoparentales		6,3	5,1	2,5	5,8	3,7	6,6	3,7
	Jovenes independientes		5,3	1,9	4,2	1,9	4	2,2	4,1

Responsable compra	**> 65 años**	**30**	**58**	**39**	**70**	**6,4**	**36**	**71**	**7,9**	**29**	**58**	**5,3**
	50-64 años	**28**		**31**		**3,7**	**35**		**5,4**	**30**		**4**
	35-49 años	31,2		25,3		2,4	23,8		2,9	31,5		3,3
	< 35 años	11,0		5,0		1,6	5,3		2,2	10,4		3,7
Clase socio econón.	**Alta y media Alta**	**16,3**		**20,7**		**4,7**	16,6		4,9	**13,7**		**3,5**
	Media	30,7		33,6		3,7	30,7		4,4	27,9		3,5
	Media baja	26,5		23,6		3,2	26,3		4,7	29,1		4,5
	Baja	**26,5**		**22,0**		**3,1**	**26,4**		**4,8**	**29,2**		**4,5**
Total						**3,6**			**4,6**			**4,0**

Fuente: Mapa (2021)-Informe consumo alimentario. Elaboración propia.

4.2.5. Consumo por CCAA en 2020.

En el caso del *AOVE* destacan CCAA por su nivel de consumo por encima de su nivel poblacional así como de la media del consumo *per cápita*. Así una cuarta parte del AOVE que se consume en España se hace en Andalucía (25,1%), muy por encima de su nivel poblacional (17,4%). Además el consumo *per cápita* andaluz de AOVE (4,7 l/per-año) es también superior, en más de un litro, a la media nacional. Esto puede deberse fundamentalmente a la importancia del sector oleícola en esta Comunidad. Otras CCAA, con similares circunstancias a Andalucía, son País Vasco, CF Navarra y Cantabria. En este caso, la intensidad es mucho menor, debido previsiblemente a la escasa importancia del sector oleícola en estas Comunidades. En el lado opuesto, se encuentran aquellas CCAA donde el volumen consumido de AOVE es menor que el porcentaje de población y el consumo *per cápita* inferior a la media nacional, destacando los casos de la C. Valenciana, Canarias, Castilla La Mancha y la Región de Murcia.

En el caso del *Aceite de Oliva* destacan aquellas CCAA como Cataluña y Galicia con un volumen consumido mayor que el nivel poblacional así como el consumo *per cápita* superior a la media nacional. De menor intensidad también se encuentran las CCAA de Canarias y el P. de Asturias.

Finalmente, y en el caso del consumo de *Aceite de Girasol***,** destaca, por un lado, la C. Madrid que tiene un nivel de consumo inferior a su nivel poblacional así como el consumo per cápita. Previsiblemente ello se deba al nivel de renta existente en esta Comunidad Autónoma por lo que su consumo, como así se observa, se dirige al consumo de AOVE, de mayor precio que el de Girasol. Por otro lado, Galicia destaca por tener un volumen de Aceite de Girasol consumido mayor a su nivel poblacional, así como su consumo *per cápita* (6,5 l/per-año). En este caso, ello repercute en un menor consumo de AOVE y no de Aceite de Oliva como así puede observarse (Tabla 14).

Tabla 14. Consumo *per capita* de Aceites por CCAA. España 2020.

		AOVE		Aceite Oliva		Aceite Girasol	
	% Población	% Volum. cons.	Cons. *pc* (l/ per-año)	% Volum. Cons.	Cons. *pc* (l/ per-año)	% Volum. Cons.	Cons. *pc* (l/ per-año)
Andalucía	17,4	**25,1**	**4,7**	12,1	3,0	18,3	3,9
Cataluña	16,4	14,7	3,4	**19,3**	**5,8**	13,6	3,5
C. Madrid	14,1	15,7	4,0	11,2	3,8	**8,8**	**2,5**
C. Valen.	10,8	**7,1**	**2,4**	7,2	3,1	10,5	3,9
Galicia	**5,8**	**4,7**	**2,9**	**10,6**	**8,4**	**9,6**	**6,5**
Castilla y León	5,4	5,9	4,0	6,9	6,1	7,1	5,5
P. Vasco	**4,9**	**6,7**	**5,2**	5,3	5,3	4,8	4,2
Canarias	4,6	**2,4**	**1,8**	7,1	6,7	5,0	4,1
C. Mancha	4,2	**3,1**	**2,4**	3,2	3,3	4,7	4,1
R. Murcia	2,9	**1,7**	**2,0**	2,0	3,1	2,6	3,5
Aragón	2,9	2,6	3,3	3,0	4,9	3,3	4,6
Baleares	2,5	1,6	2,5	4,0	8,1	3,2	5,7
P. Asturias	2,4	1,9	2,8	**3,3**	**6,5**	2,7	4,6
Extremadura	2,3	2,1	3,0	1,6	2,9	2,1	3,4
CF. Navarra	1,4	**1,9**	**5,3**	1,3	4,7	1,4	4,3
Cantabria	1,3	**1,7**	**5,1**	1,4	5,6	1,6	5,2
La Rioja	0,7	1	4,9	0,6	3,8	0,7	4,1
Total			**3,6**		**4,6**		**4,0**

Fuente: Mapa (2021)-Informe consumo alimentario. Elaboración propia.

4.3. Comercio Exterior aceites de oliva.

4.3.1. Comercio Exterior a nivel nacional

La balanza comercial del aceite de oliva es muy positiva. En las últimas 5 campañas, la tasa de cobertura se sitúa en un valor promedio del 815%, con un valor de las exportaciones de 3.138 millones de euros frente a los 406 millones de importaciones (Tabla 15).

- Exportaciones

El valor de las exportaciones de aceite de oliva en los últimos 5 años asciende a 3.138,4 millones de euros. El 58% de las exportaciones totales se dirigen a destinos de la UE, si bien los destinos extra

UE mantienen una tendencia creciente. El valor unitario de las exportaciones extracomunitarias (3,56 eur/kg) es de media un 24% superior a las intracomunitarias (2,88 eur/kg).

En términos de volumen, las exportaciones españolas de aceite de oliva superan el millón de Tm, de media en los últimos 5 años. Los principales destinos intracomunitarios son Italia (315 millones Tm), concentrando casi un tercio de las exportaciones (31%), y, en menor medida, Portugal (143 millones Tm) y Francia (94 millones Tm). Estos 3 países concentran, el 54% de las exportaciones totales.

El principal destino extracomunitario, y segundo tras Italia, es Estados Unidos (152 millones Tm; 15% de las exportaciones totales)[1]. El 72% de las exportaciones corresponden con aceites de oliva vírgenes extra y vírgenes, el 23% son refinados y el 4% son lampantes.

Se identifica un descenso en los últimos cinco años tanto en valor (-3,4%) como de valor unitario (-5,7%), mientras un aumento del volumen del 3,5%, todo ello de valores medios.

Las exportaciones comunitarias descienden ligeramente, tanto en valor, valor unitario y volumen. Las exportaciones extracomunitarias también descienden en valor y volumen, pero por el contrario aumentan en valor.

- *Importaciones.*

El valor de las importaciones de aceite de oliva en los últimos 5 años asciende a 406,5 millones de euros. Representan solo el 11,5% del comercio exterior. Proceden principalmente de los países extracomunitarios, que representan el 56% del total. El valor unitario de las importaciones tanto comunitarias como extracomunitarias es igual (2,58 €/kg). No obstante, el valor unitario de las importaciones es inferior al de las exportaciones, principalmente en el caso de las extracomunitarias (2,58 eur/kg vs 3,56 eur/kg).

En términos de volumen, las importaciones se sitúan en 165 millones de Tm, de media en las 5 últimas campañas. En las dos últimas campañas, la mitad de las importaciones procede de Túnez (106 millones Tm; 50%), seguida de las procedentes de Portugal (73,1 millones Tm; 34%). Se identifica un aumento significativo de las importaciones en los últimos cinco años tanto en valor (16,2%) como de volumen (26,3%).

Las importaciones comunitarias aumentan en valor 8,4%), pero sobre todo lo hacen las extracomunitarias (29,2%).

1 Según el Ministerio de Agricultura "la imposición de aranceles del 25% *ad valorem* al aceite de oliva envasado de origen español" puede haber "producido una grave pérdida de cuota de mercado frente a otros competidores así como la pérdida de valor añadido de las exportaciones (valor unitario muy superior de envasados frente a graneles)"

Tabla 15. Evolución del comercio exterior del aceite de oliva en España (2016/17 a 2020/21).

			MEDIA (M€; €/kg; MilTm)	(%)	TVMS %
Valor (Mill €)	Total	X	**3.138,4**		**-3,4 %**
		M	**406,6**		**16,2 %**
		Tasa Cob (X/M)	**815 %**		**-2,0 %**
	X	UE	**1.816,0**	**58 %**	**-6,1 %**
		ExtraUE	**1.322,6**		**4,2 %**
	M	UE	**177,2**		**8,4 %**
		ExtraUE	**229,2**	**56 %**	**29,2 %**
Valor Unitario (€/kg)	X	UE	**2,88**		**-5,7 %**
		ExtraUE	**3,56**		**-7,0 %**
	M	UE	**2,58**		**-1,7 %**
		ExtraUE	**2,58**		**-10,1 %**
Volumen (Miles Tm)	Total	X	**1.014,4**		**3,5 %**
		M	**165,0**		**26,3 %**
	X UE	Total	**649,8**		**-1,3 %**
		Italia	**315,2**	**31 %**	**-6,0 %**
		Portugal	**143,3**	**14 %**	**10,0 %**
		Francia	**94,2**	**9 %**	**1,3 %**
	X ExtraUE	Total	**364,7**		**12,7 %**
		Estados Unidos	**151,8**	**15 %**	**2,6 %**
	M UE	Total	**69,7**		**13,7 %**
		Portugal	**73,1**	**34 %**	**-15,0 %**
	M Extra UE	Total	**95,4**		**43,6 %**
		Túnez	**106,1**	**50 %**	**-36,0 %**
Partidas (%)	X	AOVE+AOV	**72 %**		**0,4 %**
		AO Ref	**23 %**		**2,9 %**
		AO L	**4 %**		**-2,9 %**
	M	AOVE+AOV	**59 %**		**7,5 %**
		AO Ref	**6 %**		**-9,5 %**
		AO L	**35 %**		**-4,8 %**

Fuente: Mapa (varios años)-Boletín comercio exterior. Elaboración propia.

4.3.2. Exportaciones andaluzas de aceite de oliva.

En términos de valor, el 62% (media de las últimas 5 campañas) de las exportaciones andaluzas de aceite de oliva se dirigen a destinos de la UE (en España el 58%). Al igual que España los destinos

de las exportaciones andaluzas extra UE mantienen una tendencia creciente. Las exportaciones andaluzas representan el 81% del valor total de las exportaciones españolas.

El valor unitario de las exportaciones extracomunitarias en Andalucía (2,44 eur/kg) es, al igual que España (2,88 €/kg), superior al de las exportaciones extracomunitarias (2,98€/kg en Andalucía y 3,56 €/kg en España). De media un 24% en Andalucía y en España es un 22%. El valor unitario de las exportaciones de aceite de oliva andaluzas, tanto intracomunitarias como extracomunitarias, son inferiores a las españolas en aproximadamente un 15%.

En términos de volumen, las exportaciones andaluzas alcanzan en valor medio de las últimas 5 campañas los 850,8 mil Tm, lo que representa el 84% del total nacional, identificándose una evolución ascendente. El 61% de las exportaciones andaluzas de aceite de oliva se dirigen hacia países comunitarios (en España es similar, con el 64%).

La evolución es ascendente tanto en valor como en volumen, en el total y en las exportaciones andaluzas comunitarias y extracomunitarias. No obstante, se identifica un descenso del valor, tanto a nivel comunitario como extracomunitario (Tabla 16).

Tabla 16. Exportaciones Aceite de Oliva en Andalucía y España (2016/17 a 2020/21).

		Andalucía			España		And/ Esp.
		MEDIA		TVMS	MEDIA		
		(M€; €/kg; Mil Tm)	(%)	%	(M€; €/kg; Mil Tm)	(%)	(%)
Valor (Mill €)	Total	2.555,9		4,3 %	3.138,4		81 %
	UE	1.573,7	62 %	7,1 %	1.816,0	58 %	87 %
	ExtraUE	982,2		2,6 %	1.322,6		74 %
Valor Unitario (€/kg)	UE	2,44		-6,0 %	2,88		-15 %
	ExtraUE	2,98		-7,0 %	3,56		-16 %
Volumen (Miles Tm)	Total	850,8		4,1 %	1.014,4		84 %
	UE	520,9	61 %	0,5 %	649,8	64 %	80 %
	Extra UE	329,9		11,6 %	364,7		90 %

Fuente: Cagpds (varios años)-Observatorio de Precios-Exp. Mapa (varios años)-Boletín comercio. Elaboración propia.

El valor de la exportación de los aceites de oliva andaluces, durante el período 2016-21 creció hasta el año 2017 para comenzar a partir de ahí una tendencia decreciente, lo que supone una estabilización de las exportaciones de aceites de oliva en Andalucía, situándose en 2021 en 2.297

millones de euros. Ello contrasta con el crecimiento continuo de las exportaciones agroalimentarias andaluzas, de alrededor del 2% anual, y españolas, 4%, situándose en 2021 en 11.368 y 55.036 millones de euros, respectivamente.

Las dos principales partidas corresponden al AOVE (dos tercios del total de aceite de oliva) seguido de las de aceite de oliva (23%). La mayor variación corresponde al Aceite de Oliva Lampante que ha crecido anualmente en un promedio del 15%, pasando de los 56,8 M € de 2016 a los 64,4 M € de 2021. Las exportaciones andaluzas de aceites de oliva representan en términos medios 75% del total nacional, sin apenas variación, mientras que las totales es de un 21%, con una tendencia ligeramente decreciente (Tabla 17).

Tabla 17. Evolución exportaciones aceites de oliva y agroalim. Andalucía y España (M €).

			MEDIA		TVMS
		Taric	(TM)	(%)	%
ANDALUCÍA	AOVE	15091020	1.540	66 %	-3 %
	AOV	15091080	200	9 %	-8 %
	Otros Virgen	15091090			
	Subtotal AOVE/AOV		1.749	75 %	-0,4 %
	Aceite de Oliva	150990	529	23 %	1 %
	AOL	15091010	65	3 %	15 %
	Total Aceites Oliva	**1509**	**2.344**	**100 %**	**-0,03 %**
	Aceite de Orujo	1510	172		1 %
	Total Exportaciones Agroalim (*)		**11.032**		**2 %**
	Aceites de Oliva/Total Agroalim		21 %		-3 %
ESPAÑA	**Total Aceites Oliva**	**1509**	**3.114**		**-0,4 %**
	Total Exportaciones Agroalim. (*)		**50.706**		**4 %**
Andalucía / España		**Aceites Oliva**	**75 %**		**0,4 %**
		Exp. Agroal.	**22 %**		**-1 %**

(*) Incluye: Alimentación, Bebidas y Tabaco y Mat. Primas animal y vegetal.

Fuente: Ministerio de Industria, Comercio y Turismo-Datacomex. Elaboración propia.

5. CONCLUSIONES Y PROPUESTAS.

El mercado del sector oleícola presenta un panorama favorable respecto al crecimiento de la producción y exportaciones, en términos de volumen. No obstante, y a pesar de crecer también el consumo de AOVE en España, respecto a otros tipos de aceites, ello no se traduce en un mayor valor añadido en el sector, medido en términos de valor de la producción.

El crecimiento significativo de la producción de aceites de oliva (aproximadamente un +5% en términos de volumen) tanto en España como en Andalucía, en las últimas 8 campañas, puede estar motivado principalmente por el incremento de la superficie y la mayor productividad del cultivo, por encima de la producción internacional. Se presenta la oportunidad de aprovechar el liderazgo mundial de la producción: España y Andalucía representan el 45% y ⅓ del total de los aceites de oliva, respectivamente, sobre todo respecto a aquellos países con incrementos de la producción significativos de más del 20% como Italia, Grecia y Túnez. De forma específica, las empresas almazaras localizadas en la provincia de Jaén pueden beneficiarse aún de un mayor liderazgo, dado que la producción de esta provincia (500.000 Tm.) es mayor que la de los principales países productores de la UE (Italia: 320 mil Tm y Grecia: 250 mil Tm) y fuera de la UE (Túnez: 212 mil Tm).

A pesar de este crecimiento, el sector se caracteriza por un descenso del valor de la producción de aceite de oliva, en Andalucía y España (-3%), que puede ser explicado por una intensa fluctuación de los precios en origen, y el diferencial de cotizaciones a nivel internacional, a pesar de la diferencia de precios entre calidades. En este sentido, es de destacar las mayores cotizaciones de precios en calidades como el aceite de oliva ecológico o en otros países como Italia, donde los procesos de calidad están más consolidados. Ello justifica, si cabe más, una apuesta firme y más decidida hacia la calidad, tanto la de mayor rango dentro de la reglamentada, como es el Aceite de Oliva Virgen Extra, como los sistemas de calidad diferenciada, como la producción ecológica, entre los sistemas respetuosos con el medio ambiente, y las DOP e IGP Aceites de Jaén, entre los sistemas ligados al territorio. Y de forma paralela y fundamental, la puesta en valor de la calidad en el mercado a través de programas eficaces de promoción.

En el lado del mercado se identifican principalmente dos elementos. Por un lado una *evolución positiva del consumo* de AOVE en España y principalmente en Andalucía de forma significativa y al alza, tanto en términos de volumen, valor y consumo per cápita. Junto al AOV, totalizan la mitad del consumo nacional y más del 60% a nivel andaluz. Así, el consumo *per cápita* de AOVE en España crece (hasta los 2,8 l/persona y año, con una tasa del 10% anual), en detrimento del Aceite de Oliva que decrece (hasta los 4,3 l/persona y año, con un disminución del 1%), manteniéndose el de otros aceites, como el de girasol (3,7 l/persona y año). El consumo nacional se caracteriza por una mayor importancia del colectivo de mayor edad y de clase socioeconómica media alta, lo que hace necesario reforzar las campañas de promoción del aceite de oliva en los futuros consumidores,

como son jóvenes y niños. Por otro lado, y en el ámbito del total del consumo internacional de los aceites de oliva, un singular crecimiento del consumo en Estados Unidos (+4%) que además es el tercer mercado internacional. Todo ello teniendo en cuenta, que el consumo total de aceites de oliva se mantiene ligeramente a nivel internacional y que España e Italia juntas representan un tercio del total, y a partes iguales (aproximadamente 500.000 Tm), manteniéndose en España, y a la baja en Italia.

Es de destacar un i*ntenso grado de internacionalización del mercado nacional* de los aceites de oliva. Así, las exportaciones españolas con aproximadamente un millón de Tm representan casi ⅔ del mercado internacional y una evolución ascendente (+5% anual). Entre los principales destinos se encuentran Italia, Estados Unidos y Portugal, con un valor unitario mayor en el caso de los países comunitarios. Las exportaciones son mayoritariamente de aceites de oliva vírgenes (72%). No obstante, y en el caso de Andalucía el crecimiento de las exportaciones de aceites de oliva presenta un menor crecimiento que el total de las exportaciones agroalimentarias.

En este escenario, el sector ha de realizar una mayor inversión en promoción y comercialización de los aceites de mayor calidad, como el AOVE y los de calidad diferenciada, fortaleciendo el papel de la Interprofesión. De forma específica, la empresa oleícola puede aprovechar el liderazgo de las exportaciones en países comunitarios y los Estados Unidos, con aceites vírgenes de calidad y, de forma cooperativa, trabajar de forma cooperativa con otras empresas exportadoras de otros productos agroalimentarios. También y, conjuntamente con la Administración, aprovechar la oportunidad de nuevos instrumentos, como los de desarrollo rural y apoyo sectorial, integrados en el nuevo Plan Estratégico de la PAC 2023-27.

6. BIBLIOGRAFÍA.

Agencia de Información y Control Alimentario (varios años): *Balance de Campaña Andalucía.*

Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible (2021): *Caracterización del sector agrario y pesquero de Andalucía.*

Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible (varios años): *Precios Aceites de Oliva. Observatorio de Precios y Mercados.*

Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible (varios años): *Exportaciones aceite de oliva.* Observatorio de Precios y Mercados.

Consejería de Agricultura, Ganadería, pesca y Desarrollo sostenible (2020): *Datos básicos AOVE Ecológico. Campaña 2019/20*. Observatorio de Precios y Mercados.

Consejo Oleícola Internacional (2021): *Producción. Consumo.*

Gobierno de España (2021): *Ley 16/2021, de 14 de diciembre, por la que se modifica la Ley 12/2013, de 2 de agosto, de medidas para mejorar el funcionamiento de la cadena alimentaria.* BOE 299 de 15 de diciembre.

Gómez-Limón, J.A. & Parras, M. (Coord) (2017): *Economía y comercialización de los aceites de oliva. Factores y perspectivas para el liderazgo español del mercado global*. Cajamar Caja Rural.

Junta de Andalucía (2011). *Ley 5/2011, de 6 de octubre, del olivar de Andalucía*. BOJA 205 de 19 octubre 2011.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2021a): *Anuario de Estadística Agroalimentaria 2020.*

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2021c): *Versión inicial del Plan Estratégico de la PAC 2023-2027 de España*. Nov. 2021.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2021d): *Proyecto Real Decreto por el que se regula el reconocimiento de las Organizaciones de Productores en el sector del olivar.*

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (varios años): *Informe mensual de la situación de mercado del sector del aceite de oliva y la aceituna de mesa.*

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (varios años): *Informe de consumo alimentario 2020*. Mapa.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (varios años): *Balance del sector del olivar. Campaña 2020/21*

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (varios años): *Boletín de comercio exterior de aceite de Oliva.*

Ministerio de Industria, Comercio y Turismo (varios años): *DataComex.*

Parlamento Europeo y Consejo (2021): *Reglamento (UE) 2021/2115, de 2 de diciembre, por el que se establecen normas en relación con la ayuda a los planes estratégicos que deben elaborar los Estados miembros en el marco de la política agrícola común (planes estratégicos de la PAC), financiada con cargo al Fondo Europeo Agrícola de Garantía (FEAGA) y al Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER).* DOCE L 435 de 6 diciembre.

Parras, M. (dir) (2021): *Informe anual de coyuntura del sector oleícola.* Caja Rural Jaén.

Parras, M. et al (2021): *Estrategias para una oleicultura jienense más competitiva.* Diputación Provincial de Jaén.

Sánchez-Arenas, F.M. (2016): *Competitividad de la Industria agroalimentaria y dinamismo territorial. Aplicación a las almazaras capitalistas de Andalucía*. Tesis Doctoral dirigida por los Dres. Eduardo Ramos Real y Felisa Ceña Delgado, Córdoba, Universidad de Córdoba. <https://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/13287>

Sayadi, S.; Erraach, Y. & Parra, C. (2017): "Translating consumer's olive-oil quality-attribute requirements into optimal olive-growing practices. A quality function deployment (QFD) approach". *British Food Journal,* 119.1.

Universidad de Jaén (2021): *Cadena de valor del Aceite de Oliva Virgen Extra. Campañas 2018-19 y 2019-20.* Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Vilar, J. Y Pereira, Jorge E. (2018): *La Olivicultura Internacional. Difusión histórica, análisis estratégico y visión descriptiva,* Fundación Caja Rural Jaén.

QUANTITATIVE AND QUALITATIVE ASPECTS OF PEROXIDASES IN TISSUE CULTURE OF OLIVE (*Olea europaea* L.). TOWARDS A NEW BIOCHEMICAL MARKER OF THE EMBRYOGENESIS CAPACITIES IN REPUTED CULTIVARS

Oulbi, Sara [1 2 3] Kohaich, Kaoutar [4] .Baaziz, Mohammed.[4] Belkoura, Ilham [2]. Loutfi, Kenza [1]

1 Laboratory of Agroalimentaire, Biotechnology & Valorization of plant Bio-Ressource, Faculty of Sciences Semlalia, University Cadi Ayyad, BP 2390, Marrakesh 40000, Morocco
2 Laboratory of Culture In Vitro, Département of basic Science, National school of Agriculture, BP S/40, Meknes 50001, Morocco
3 Laboratory of Genetic improvement of Plants, CRRA-Marrakesh, UR Amelioration of Plants & Quality, National Institute of Agronomic Rechearch, PB 533, Marrakesh 40000, Morocco
4 Laboratory of Biochimistry & Biotechnology Plant, Faculty of Sciences Semlalia, University Cadi Ayyad, BP 2390, Marrakesh 40000, Morocco
sara.oulbi@inra.ma

EXTENDED ABSTRACT: The olive tree (Olea europaea L.) is a very old culture that covers over 11.4 million hectares worldwide, where more than 96% of the global total is found in the Mediterranean basin. In addition to its agronomic characteristics, the fruit and its extracted oil have a variety of interesting nutritional qualities, such as conferred by bioactive compounds, which are substances mostly known for having a large number of beneficial health properties that contribute to the protective effect of virgin olive oil. In this study, somatic embryogenesis was induced using two types of explant taken from two Moroccan olive cultivars known for their interesting agronomic characteristics. Picholine Marocaine is the olive cultivar most cultivated in Morocco. It has a particular notoriety due to its superior qualities of fruits and oil, and it can be adapted to the environmental conditions of different regions. Dahbia, with a high production potential, is considered a good pollinator of Picholine Marocaine and is characterized by early bud break. Herein, an investigation was conducted toward understand the differences between nonembryogenic Calluses (NECs), embryogenic Calluses (NECs), and somatic Embryos (Es) via the quantitative and qualitative analysis of POXs.

To induce somatic embryogenesis from zygotic material, the plant material used during the experiments was collected from young fruits of Picholine Marocaine and Dahbia olive cultivars. Before their use, the fresh mature fruits were well washed under running tap water and then desinfectad. The preparation of the plant material was carried out under the laminar flow hood. A binocular magnifier and a sterile dissection equipment were used to isolate zygotic embryos and to cut them into three distinct parts: radicle, proximal and distal cotyledons. The radicles and proximal parts of the cotyledons were cultured. Modified olive medium (OMc) was used for the

induction of somatic embryogenesis, supplemented with the following hormonal combinations: induction medium (IM): OMc + 25 µM IBA + 2.5 µM 2 iP. After 4 weeks of culture, the calluses obtained on these media were subcultured on the OMc medium supplemented with 2.5 µM of IBA for 4 weeks; 30 g L^{-1} of sucrose was used as a carbon source and the media were solidified with 6 g L^{-1} of Bactoagar. Then, the cultures were transferred to olive cyclic embryogenesis medium (ECO) as the expression medium (EM), which contained the macronutrients of OMe medium, 1/4 MS microelements, 1/2 OM vitamins, 50 mg L^{-1} of myo-inositol, 550 mg L^{-1} of glutamine, and 1 g L^{-1} of casein hydrolysate, supplemented with 0.25 µM of IBA, 0.5 µM of 2iP, and 0.44 µM of BAP, and solidified by 3 g L^{-1} of Phytagel.

In order to induce Somatic Embryogenesis from Adult Tissues, Picholine Marocaine and Dahbia Moroccan cultivars were used, as mother plants: rejuvenated plantlets were obtained from cuttings and were maintained for eight years under aseptic conditions. The leaves of the plantlets were cut into four parts: petioles, proximal leaf blades, intermediate leaf blades and distal parts. In the results only the distal part of the leaves (somatic explants) were used. The regeneration rate of the others parts of leaves was low.Explants were cultured for six weeks in the induction media composed of OMc supplemented with 4.56 µM ZR and 10.25 µM NAA, followed by transfer to OMc supplemented with 2.5 µM IBA for four week, 30g L^{-1} sucrose was used as carbon source and media were solidified with 6g L^{-1} Bactoagar. Cultures were then transferred, to ECO expression medium with transfer every 4 weeks supplemented with 0.25 µM IBA, 0.5 µM 2iP and 0.44 µM BAP, and was solidified by Phytagel 3g L^{-1}.Therefore, only proximal cotyledons (Zygotic explants) were processed in this study**.** Modified olive medium (OMc) basal medium, was used for the induction of somatic embryogenesis, supplemented with the following hormonal combinations: Induction Medium (IM): OMc + 25 µM IBA + 2.5 µM 2 iP. After four weeks of culture, the calluses obtained on these media were subcultured on the OMc medium supplemented with 2.5 µM IBA for 4 weeks 30g L^{-1} sucrose was used as carbon source and media were solidified with 6 g L^{-1} Bactoagar. Then cultures were transferred to the Expression Medium (EM): olive cyclic embryogenesis medium (ECO), which contained the macronutrients of OMe medium, 1/4 MS microelements, 1/2 OM vitamins, 50 mg L^{-1} myo-inositol, 550 mg L^{-1} glutamine and 1 g L^{-1} casein hydrolysate, supplemented with 0.25 µM IBA, 0.5µM 2iP and 0.44 µM BAP, and was solidified by Phytagel 3 g L^{-1}.

The calluses obtained were used for the extraction of POXs. Three biological replicates were used; each extraction was carried out based on an average of 20 calluses or Ssomatic embryos. The POX activity was carried out spectrophotometrically using guaiacol as the substrate. The variation in absorbance allowed the POXs activities to be calculated as units per gram of fresh matter (U g−1 FM). One unit of POX activity was defined as the quantity of enzyme that catalyzes a change in absorbance at 470 nm equal to 0.01 min−1. The Acidic isoperoxidases were separated by electrophoresis at +4 C, using 6%–15% gradient polyacrylamide gels prepared in 0.37 M of Tris–HCl buffer (pH 8.8). The gels were stained for POXs isoforms using 0.05% benzidine and 1% hydrogen peroxide as substrates.

The in situ enzyme activity was photographed after 15 min of incubation.The NECs obtained from the zygotic explants of cv. Dahbia appeared to be spongy and white, while the calluses developed in the somatic explant formed brown structures. However, the calluses developed from cv. Picholine Marocaine were friable and more whitish. The ECs derived from the explants, whether somatic or zygotic, exhibited nodular structures, which were more abundant and voluminous for the cv. Dahbia. The zygotic and somatic explants of Dahbia produced globular Es of different sizes, which appeared in different stages of development in the case of cv. Picholine Marocaine. The rates of callogenesis (induction, proliferation, and expression phases) were high for cv. Dahbia compared with cv. Picholine Marocaine when considering the zygotic and somatic explants. The rates of callogenesis in the expression phase were found to be 78.16% and 82.67% for the Picholine Marocaine and Dahbia olive cvs., respectively; when using the somatic explants in tissue culture, however, no significant difference was observed. Based on the embryogenic potential, the zygotic explants were more active than the somatic explants, with respective rates of 43.39% and 13.05% for cv. Picholine Marocaine and 53.41% and 19.51% for cv. Dahbia.

When compared to the NECs obtained from the zygotic explants of the cv. Dahbia, the ECs derived from the same explant were typified by 65–71% of the ionically wall-bound POXs fractions and only 29–35% of the soluble POXs fractions. The native gel electrophoresis was used to resolve the different isoperoxidases of the acidic soluble POX and the ionically wall-bound POX, typifying calluses and Es. At first glance, the polyacrylamide gels reflected a quantitative aspect, considering the in situ-revealed band intensities, where the olive cv. Dahbia showed high POX activities compared to the cv. Picholine Marocaine. When compared with soluble POX, ionically wall-bound POXs were typified by the presence of two active isoforms in the A4 zone and the absence of isoperoxidases in the A1 zone. The isoenzyme profiles of the calluses and Es derived from the zygotic and somatic explants were qualitatively similar. Electrophoresis showed that the ECs were characterized by highly active isoperoxidases revealed in four migration zones for the cv. Dahbia (high embryogenesis capacities), particularly a doublet in the A4 zone (Rf 0.70–0.73) presented in the ionically wall-bound enzyme fractions. The electrophoresis experiment showed that these enzyme fractions are suitable for determining the embryogenesis capacities in olive trees.

This study presents the first report of the involvement of POXs—oxidoreductases enzymes—in the process ofsomatic embryogenesis in olive tree, previously induced from two types of explants belonging to two important Moroccan olive cultivars. The obtained results showed that the ECs and Es of the olive cultivars were typified by high levels of total POXs, both soluble and ionically wall-bound fractions, compared with the NEC ones. The POXs, particularly ionically wall-bound POXs, could serve as a biochemical marker for the acquisition of Olea europaea L. olive tissues capable of undergoing somatic embryogenesis.

KEY WORDS: Olea europaea, oli, somatic embryogenesis, embryogenic calluses, peroxidase, electrophoresis.

MORPHOLOGICAL AND AGRONOMIC CHARACTERIZATION OF SOME OLIVE SELECTIONS DERIVED FROM A MOROCCAN BREEDING PROGRAM

Hayat Zaher[1], Omar Abou-saaid[1,2], Sara Oulbi[1], Noura Baanni, Ahmed El bakkali, Abdelmajid Moukhli[1]
[1] INRA, UR Amélioration des Plantes, Marrakech, Morocco
[2] Laboratoire de Biotechnologie et Bio-ingénierie Moléculaire, Faculté des Sciences et Techniques Gueliz, B.P. 549, 40 000 Marrakech, Morocco
Corresponding author: hayatzaher@yhoo.fr / hayat.zaher@inra.ma

ABSTRACT: The olive (Olea europaea L.) is one of the most important oleaginous crops of the Mediterranean basin. Population growth, increased demand for olive oil, and global change create a need for new olive varieties, and the intensification of the olive farming system to help meet the requirements of the market. Intensive technological changes in olive growing and rapid technological progress have increased interest in breeding programs and new cultivars. The olive breeding program was initiated in Morocco in 1994 by crossing locally selected varieties (M26, Menara, and Haouzia) and selected Mediterranean varieties (Leccino, Picholine Languedoc, Manzanilla, and Arbequina), and aimed the selection of regular and productive olive varieties suitable for both uses (table olive and oil processing use). During three years (2018, 2019, and 2020), all progenies were characterized by tree vigor traits, fruit and stone character, and oil content. From a total of 1600 progenies, 23 genotypes were subsequently first selected regarding their regular olive yield, alternate bearing, flowering phenology, sanitary state, and potential suitability for both oil processing and table olive uses.

The morphological and agronomic study of the progeny showed high variation between the 23 genotypes. Based on Cluster Analysis, the 23 genotypes were classified into six groups according to the main discriminative parameters, which are the tree vigor, fruit and stone weights, flesh weight, flesh/stone ratio, and oil content (dry matter). The obtained data concluded that one valuable genotype (H10) from these progenies with Low vigor for both purpose use (oil processing and table olive with a high flesh/stone ratio) and can be proposed for the intensive olive farming system. Two genotypes (H17 and H21) are suitable for table olive (with a high flesh/stone ratio) and they show respectively high and medium vigor. Two other progenies (H3 and H11) have medium vigor and are suitable for oil use and can be proposed for the traditional olive farming system. In perspective, the five selected progenies were propagated by cutting and installed in three different localities, to evaluate their performance and their plasticity (vigor, fruit yield, fruit, flesh/stone ratio, oil yield, and oil fatty acids profile).

KEYWORDS: *Olea europaea*, progenies, selection, morphological, agronomic

INTRODUCTION: The olive (*Olea europaea* L.) is one of the most important oleaginous crops of the Mediterranean basin. Population growth, increased demand for olive oil, and global change create a need for new olive varieties, and the intensification of the olive farming system to help meet the requirements of the market. Intensive technological changes in olive growing and rapid technological progress have increased interest in breeding programs and new cultivars.

In Morocco, the olive (*Olea europaea* subsp. europaea L.) plantations account for about 64 million trees, covering 1.2 million hectares. It has a major socioeconomic role since it contributes to the maintenance of the rural populations. Despite the importance of this sector, the Moroccan olive does not yet meet national expectations in terms of both production and quality. Improving olive and olive oil production can be achieved through the creation of genetic variability that will enable progress in the performance and potential of our olive heritage. Thus, a breeding program was set up by INRA (National Institute of Agronomic Research) in 1994. Crosses between local varieties ("Menara", "Haouzia" and "M26") were uncovered when studying the so-called 'Picholine Marocaine' population (Boulouha et al., 1992) and foreign ones ("Manzanilla", "Picholine de Languedoc" and "Arbequina") were performed to increase productivity, improve the oil composition and increase tolerance to the limits imposed by the environment.

More than 1600 descendants present an interesting database for both theoretical and practical studies to evaluate the genetic diversity and relationships among descendants by using different morphological, biochemical, and molecular descriptors. This work may allow the selection of new improved genotypes with interesting morphological and agronomic characteristics.

Morphological descriptors continue to be the preliminary identification tool to exploit in breeding programs and also represent the first choice and step used for describing and classifying genotypes. They have been used in different olive collections over the world for the identification, characterization, and evaluation of cultivars (Cantini et al. 2014; Idrissi and Ouazzani 2004; Hannachi et al. 2008; Poljuha et al. 2008; D'Imperio et al. 2011; Trentacoste et al. 2011; Abdali et al, 2014). Moreover, these descriptors have been also used for the variability and inheritance observations, characterization, and selection of new olive genotypes derived from breeding programs (Bellini, 1993; Bartolini et al. 2006; Zeinanloo et al. 2009; Arias-Calderón et al. 2014).

The aim of this study was the fruit and tree characterization of 23 selected olive progenies and their oil content determination.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Plant material

Twenty-three olive progenies (Table1) were evaluated during their maturity stage (2018-2019, 2019-2020 and 2020-2021 crop seasons). Investigated progenies were selected from 1600 descendants according to their high productivity and agronomic characteristics. Descendants were the result of

12 crosses between locally selected varieties (M26, Menara, and Haouzia) and foreign Mediterranean varieties (Leccino-Italy, Picholine Languedoc-France, Manzanilla-Spain, and Arbequina-Spain).

The studied descendants were planted in the open field in 1998 with a density of 800trees/ha and were installed in the Tassaout experimental Station (of the National Institute of Agronomic Research –Marrakech), about 70 km far from Marrakech (latitude 32° 03 N, longitude 7° 24 O et 465 m of altitude). The olive trees were grown in similar pedoclimatic conditions and received the same crop management practices.

Table 1. Evaluated olive progenies hybrids and their genitors

hybrides	**crossing type**
H1	M26 x Manzanille
H2	M26 x Manzanille
H3	Menara x Arbequine
H4	Menara x Arbequine
H5	Menara x Arbequine
H6	Menara x Arbequine
H7	Menara x Arbequine
H8	Menara x Arbequine
H9	Menara x P.languedoc
H10	Menara x P.languedoc
H11	Leccino x Menara
H12	Leccino x Menara
H13	Menara x Manzanille
H14	Menara x Arbequine
H15	Menara x P.languedoc
H16	Leccino x Menara
H17	Leccino x Menara
H18	Leccino x Menara
H19	Leccino x Haouzia
H20	Leccino x Haouzia
H21	Leccino x Haouzia
H22	Leccino x Haouzia
H23	Leccino x Haouzia

Source: own elaboration

2.2 Methodology

Fifteen quantitative morphological traits (ICCO, 1997; UPOV, 1985) were observed on each olive tree including: TP: Trunk perimeter (m); TH: tree height (m); FW: fruit weight (g); FA: fruit area; FL: fruit length (mm); FWI: fruit width (mm); FR: fruit length to width ratio; SW: stone weight (g); SA: stone area; SL: stone length (mm); SWI: stone width (mm); SR: stone length to width ratio; FFW: Fruit Flesh Weight; FSR: fruit flesh to stone ratio; OC: oil content.

To evaluate the phenotypic variability of the genetic material and the discrimination power of the descriptors, cluster analysis, and principal component analysis were used. Correlations between tree, fruit, and endocarp characteristics were also studied. These analyses were undertaken by using the R software.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Descriptive analysis

As reported in Table 2 (Average of three years 2018, 2019, and 2020), the oil content ranged respectively from 11.32 % (H17) to 54.75 % (H21) with an average of 29.9%. Fruit weight (FW) ranges from 1.7 to 3.8 g. For the fruit length and width, they ranged from 15.9 to 23.8 mm and 13 to 17.9 mm, respectively. The smallest stone was recorded for H7 descendant of Menara x Arbequine crosse (SW=0.32g) and the greatest one was recorded on H16 descendant of Menara x Leccino crosse (SW=0.82g). The ratio between fruit flesh and stone varied from 2.2 (H12) Menara x Leccino progeny to 5.4 (H5) Menara x Arbequine crosses.

The variation coefficients are ranged from 8 to 32 %. The highest variation coefficient was noted for oil content (OC) whereas the lowest values were recorded as fruit ratio (FR). Trunk perimeter (TP), stone area (SA), fruit weight (FW), stone weight (SW), fruit flesh weight, and flesh to stone ratio (FSR) showed also important variability (CV>20%) among descendants for all crosses.

Table 2. Descriptive statistics of studied traits

Variable	*Observations*	*Minimum*	*Maximum*	*Average*	*CV*
FW	23	1,707	3,866	2,439	21,089
FA	23	168,087	330,105	239,532	18,249
FL	23	15,962	23,870	19,840	11,272
FWI	23	13,000	17,914	15,212	8,424
FR ratio	23	1,084	1,515	1,307	8,002
SW	23	0,317	0,822	0,475	24,237
SA	23	53,796	109,226	77,346	21,252
SL	23	9,770	17,195	12,912	12,823

SWI	23	6,273	9,160	7,470	10,208
SR ratio	23	1,218	2,319	1,727	15,972
FFW	23	1,199	3,220	1,965	23,271
FSR	23	2,190	5,430	3,765	23,403
OC	23	11,323	54,753	29,915	32,086
TP	23	0,537	1,040	0,711	20,111
TH	23	2,800	5,855	4,543	15,213

TP: Trunk perimeter (m); TH: tree height (m); FW: fruit weight (g); FA: fruit area; FL: fruit length (mm); FWI: fruit width (mm); FR: fruit length to width ratio; SW: stone weight (g); SA: stone area; SL: stone length (mm); SWI: stone width (mm); SR: stone length to width ratio; FSR: fruit flesh to stone ratio; OC: oil content; FFW: Fruit Flesh Weight.

Source: own elaboration

3.2 Correlation between variables

The results (Table 3) indicated the existence of a significant positive correlation between fruit and stone traits (length, width, area, length/width ratio and weight) as previously reported in studies with wild (Hannachi et al. 2008) and cultivated olive trees (Cantini et al. 1999; Belaj et al. 2011). Tree-related variables (Tree height and perimeter trunk) are positively correlated between them and negatively to oil content and flesh/stone ratio. These results indicate the possibility to select descendants with low vigor and high oil content or low vigor and high flesh/stone ratio as well. Such selections can be interesting for the expansion of olive intensification and harvest mechanization.

Table 3. Correlation coefficients among oil content and fatty acids composition in olive varieties

Variables	*FW*	*FA*	*FL*	*FWI*	*FR ratio*	*SW*	*SA*	*SL*	*SWI*	*SR ratio*	*FFW*	*FSR*	*OC*	*TP*	*TH*
FW	1	**0,81**	**0,62**	**0,63**	0,22	**0,58**	0,17	**0,55**	0,24	0,27	**0,98**	**0,44**	0,08	0,14	-0,09
FA	**0,81**	1	**0,82**	**0,87**	0,23	**0,54**	0,15	**0,46**	0,12	0,36	**0,77**	0,25	-0,01	0,13	-0,02
FL	**0,62**	**0,82**	1	**0,71**	**0,66**	0,41	0,29	**0,57**	-0,07	**0,54**	**0,59**	0,24	-0,14	0,32	0,16
FWI	**0,63**	**0,87**	**0,71**	1	-0,06	**0,42**	0,11	0,26	0,06	0,23	**0,60**	0,22	0,06	-0,09	0,11
FR ratio	0,22	0,23	**0,66**	-0,06	1	0,12	0,27	**0,51**	-0,16	**0,50**	0,22	0,12	-0,27	**0,55**	0,11
SW	**0,58**	**0,54**	0,41	**0,42**	0,12	1	**0,52**	**0,63**	**0,44**	0,28	0,40	**-0,44**	0,07	0,38	0,17
SA	0,17	0,15	0,29	0,11	0,27	**0,52**	1	**0,72**	0,31	**0,46**	0,06	**-0,43**	-0,41	0,35	**0,51**
SL	**0,55**	**0,46**	**0,57**	0,26	**0,51**	**0,63**	**0,72**	1	0,24	**0,69**	**0,46**	-0,15	-0,36	0,32	0,14
SWI	0,24	0,12	-0,07	0,06	-0,16	**0,44**	0,31	0,24	1	**-0,50**	0,16	-0,27	-0,23	0,00	-0,04
SR ratio	0,27	0,36	**0,54**	0,23	**0,50**	0,28	**0,46**	**0,69**	**-0,50**	1	0,23	-0,03	-0,15	0,27	0,15
FFW	**0,98**	**0,77**	**0,59**	**0,60**	0,22	0,40	0,06	**0,46**	0,16	0,23	1	**0,60**	0,07	0,06	-0,14
FSR	**0,44**	0,25	0,24	0,22	0,12	**-0,44**	**-0,43**	-0,15	-0,27	-0,03	**0,60**	1	0,04	-0,24	-0,25
OC	0,08	-0,01	-0,14	0,06	-0,27	0,07	-0,41	-0,36	-0,23	-0,15	0,07	0,04	1	-0,12	-0,31
TP	0,14	0,13	0,32	-0,09	**0,55**	0,38	0,35	0,32	0,00	0,27	0,06	-0,24	-0,12	1	**0,44**
TH	-0,09	-0,02	0,16	0,11	0,11	0,17	**0,51**	0,14	-0,04	0,15	-0,14	-0,25	-0,31	**0,44**	1

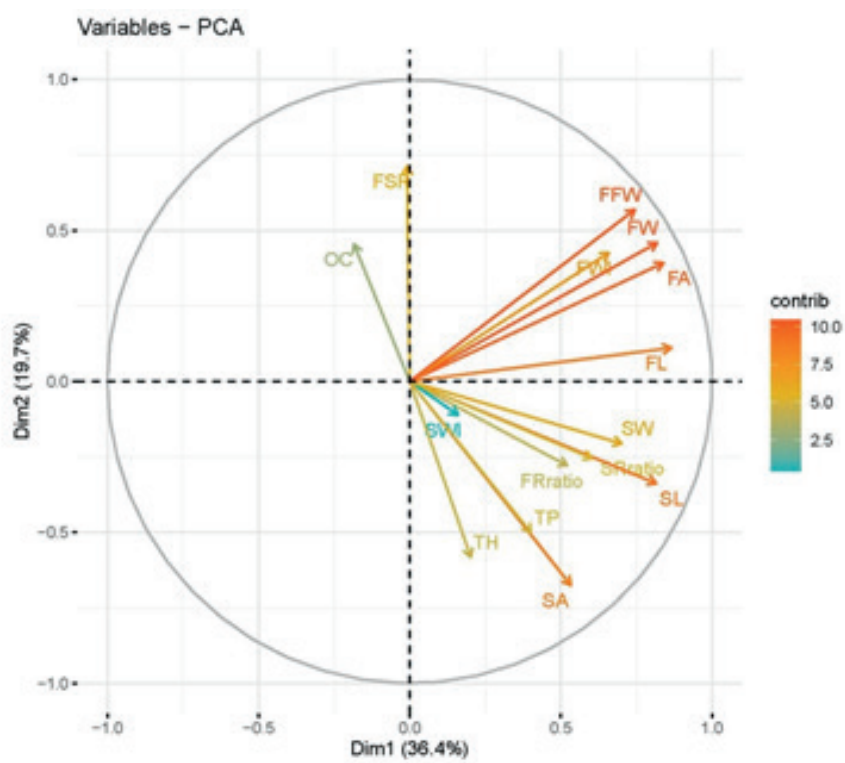
TP: Trunk perimeter (m); TH: tree height (m); FW: fruit weight (g); FA: fruit area; FL: fruit length (mm); FWI: fruit width (mm); FR: fruit length to width ratio; SW: stone weight (g); SA: stone area; SL: stone length (mm); SWI: stone width (mm); SR: stone length to width ratio; FSR: fruit flesh to stone ratio; OC: oil content; FFW: Fruit Flesh Weight.

Source: own elaboration

3.2 Principal components analysis (PCA)

The Principal components analysis (PCA) was performed to compare morphological characters (descriptors) and to study the inter-relationships between all the studied progenies (Figure 1). The PCA axes represent 56.1 % of the total variance. The first PCA axis presents alone 36.4 % of the total variance and it is positively correlated to fruit and stone traits (length, width, area, length/width ratio, and weight) and Fruit flesh weight. The second axis (19.7% of the total variance) is positively correlated to the flesh/stone ratio, oil content and FFW and negatively to Tree height, trunk perimeter, and stone area (figure 1).

Figure1. Plot illustrating the contribution of variables studied to the formation of PCA axes



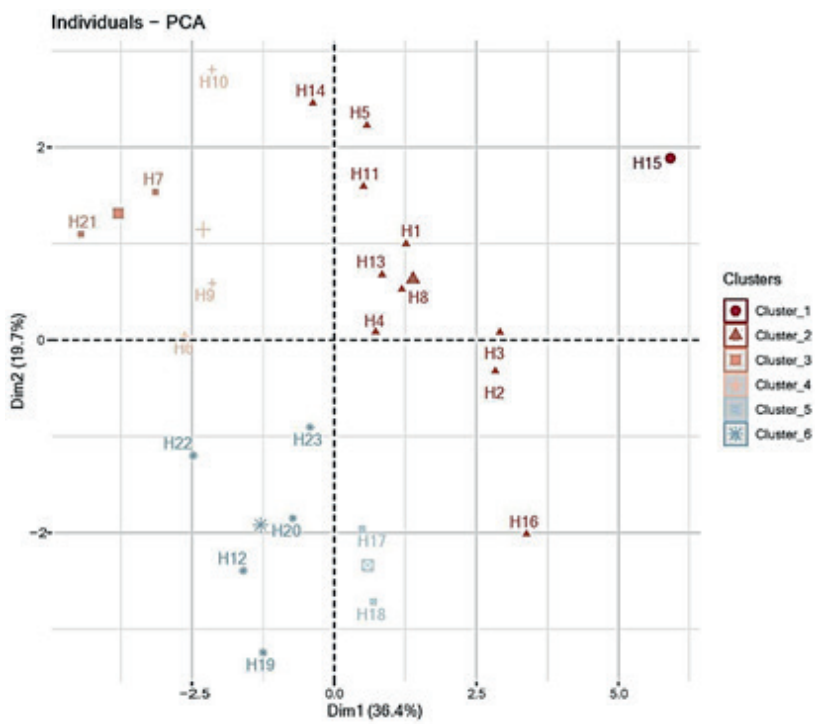
Source: own elaboration

Figure 2 shows a projection of the different progenies on the plan determined by the first two principal components.

Morphological and agronomic characterization of the 23 olive tree progenies showed high genetic variability. Observed differences between studied hybrid genotypes could be due mainly to the genetic component as they are grown in the same field with similar cultural practices and the oil extraction and process was carried out under the same conditions.

Similar variability was also observed in other olive crossbreeding programs (León et al. 2004; León et al.2006; Pannelli et al. 2006; Bartolini et al. 2006; Padula et al. 2008; Laaribi et al. 2014, Arias-Calderon et al. 2014).

Figure 2. Plot illustrating the relationships among 23 olive progenies assessed by 15 quantitative morphological traits



Source: own elaboration

3.3 Hierarchical cluster analysis

The dendrogram obtained from the UPGMA cluster (Unweighted Pair Group Method Arithmetic Average) was carried out on the 15 quantitative traits (Figure 3). The 23 olive descendants were clustered into six main groups.

The first cluster consists exclusively of one descendant (H15) of the Menara x Picholine Languedoc cross, which was characterized by the highest values of fruit and stone traits (length, width, area, length/width ratio, and weight) and flesh/stone ratio, medium vigor, and oil content.

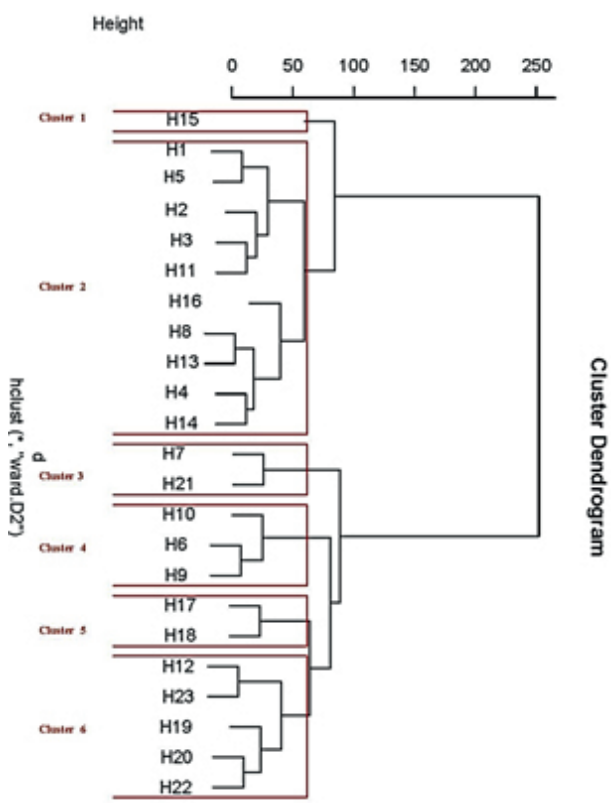
Cluster 2 grouped 10 descendants (from different crosses) that have medium values of fruit and stone traits, medium vigor, medium oil content, and high flesh/stone ratio while the cluster 3 is constituted by 2 individuals (H7 and H21) with low values of fruit and stone traits and trunk perimeter and high oil content and flesh/stone ratio.

Cluster 4 is composed of 3 progenies who have in common medium values of fruit and stone traits. 2 descendants (H6 and H9) present medium vigor tree and oil content and high flesh/stone ratio) and one descendant (H10) with a low vigor tree for both purpose use (oil processing and table olive with a high flesh/stone ratio and high oil content)

Cluster 5 contains two descendants (H17 and H18 from Leccino x Menara cross) who have in common medium values of fruit and stone traits, high vigor and low oil content. However, they have respectively high and medium flesh/stone ratio. H17 can be suitable for olive table use.

The last cluster is a group of 5 descendants (H12, H19, H20, H22, and H23) who have small fruits, high vigor, low flesh/stone ratio, and medium oil content.

Figure 2. UPGMA dendrogram based on quantitative morphological and agronomic data of 23 olive progenies



Source: own elaboration

Fruit weight and flesh to seed ratio were used as descriptive fruit characters and thus are required for the new cultivar registration procedure for olive cultivar candidates in breeding studies (Medina et al. 2010; Ozdemir et al. 2016, Dridi et al. 2019). In general, a high percentage of pulps means a better commercial value for both table and oil production (Alfei et al. 2008).

New cultivars are also needed for super high-density orchards, that are increasingly planted, but for which only a few cultivars appear suitable. Commonly, it is considered that these cultivars have low vigor and small size, but it is not clear what characteristics lead to the low vigor.

The results confirm that it is extremely difficult to combine all desired superior traits in one genotype (Padula et al., 2008; Ripa et al., 2008; Alfei et al., 2008; Pannelli et al., 2009a; Paoletti et al., 2009; Pannelli et al., 2009b; Alfei et al., 2009), due to environmental and genotypic effects and their interactions.

CONCLUSIONS

These results confirmed the efficiency of crossbreeding as an efficient approach to increasing the genetic variability in the olive tree for the selection of new interesting genotypes (Dridi et al. 2019, Ripa et al. 2008). The obtained data concluded that one valuable genotype (H10) from these progenies with Low vigor for both purpose use (oil processing and table olive with a high flesh/stone ratio) and can be proposed for the intensive olive farming system. Two genotypes (H17 and H21) are suitable for table olive (with a high flesh/stone ratio) and they show respectively high and medium vigor. Two other progenies (H3 and H11) have medium vigor and are suitable for oil use and can be proposed for the traditional olive farming system. In perspective, the five selected progenies were propagated by cutting and installed in other pedo-climatic conditions in order to confirm their performances then some of these progenies could be released as new olive cultivars.

BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

Alfei B., Paoletti A., Rosati A., Santinelli A., Pannelli G. (2008): "Agronomic and qualitative evaluation of new olive genotypes selected in central Italy", Advances in Horticultural Science, 2, 136-141.

Arias-Calderón R., Rouiss H., Rodríguez-Jurado D., de la Rosa R. and León L. (2014): "Variability and heritability of fruit characters in olive progenies from open-pollination", Scientia Horticulturae, 169,94–9.

Bartolini G., Prevost G., Messeri C., Carignani G. (2005): "Olive germplasm: cultivars and word-wide collections" <www.apps3.fao.org/wiews/olive/oliv.jsp> (accessed March 2007).

Bellini E. (1993): "Variabilité génétique et héritabilité de certains caractères chez des plants de semis d'olivier issus de croisement", Olivae, 49, 21-34

Dridi j., Fendri M., Ayadi M., Jendoubi F., Msallem M., Larbi A. (2019): "Fruit and oil Characteristics of Tunisian olive progenies obtained by controlled crosses", Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology, 62 (1), 3914-3923.

Fontanazza G., Vergari G., Patumi M. and Giorio G. (1999): "Preliminary results of the evaluation of yield components in an F1 segregant population of olive seedlings from the cross (Leccino x Kalamata)", Acta Hort, (ISHS), 474, 97-102.

Hannachi, H., Breton, C., Msallem, M., Ben El Hadj, S., El Gazzah, M. and Bervillé, A. (2008): "Differences between Native and Introduced Olive Cultivars as Revealed by the morphology of Drupes, Oil Composition and SSR Polymorphisms: A Case Study in Tunisia", Scientia Horticulturae 116, 280-290. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.01.004

IOOC, (1997): "Méthodologie pour la caractérisation primaire et secondaire des variétés d'olivier", Projet RESGEN-CT (96/97), Union européenne-Conseil Oléicole International.

Laaribi I. (2014): "Phenotypic diversity of some olive tree progenies issued from a Tunisian breeding program", European Scientific Journal February 2014 edition vol.10, No.6 ISSN, 1857 – 7881 (Print) e – ISSN, 1857- 7431.

Lavee S. (1990): "Aims, methods, and advances in breeding of new olive (Olea europaea L.) cultivars", Acta Horticulturae, 286, 23-36.

León L., Uceda M., Jiménez A., Martin L. M. and Rallo L. (2004): "Variability of fatty acid composition in olive (Oleaeuropaea L.) progenies". Spanish Journal of Aricultural Research 2, (3), 353-359.

León L., De La Rosa R., Barranco D. and Rallo L. (2006): "Agronomic characterization of 15 selections of ten olive crossbreeding program of Cordoba, Spain". In: Proceedings Second International Seminar Olivebioteq 2006 - November 5th-10th-Mazara delVallo, Marsala (Italy) Volume 1, 87-93.

Medina E, Gori C, Servili M, De Castro A, Romero C, et al. (2010): "Main variables affecting the lactic acid fermentation of table olives", International Journal of Food Science & Technology 45(6),1291- 1296.

OzdemirY, Ozturk A, Guven E, Asan Nebioglu M, Aktepe Tangu N, Akcay ME, Ercisli S (2016): "Fruit and Oil Characteristics of Olive Candidate Cultivars from Turkey", Not Bot Horti Agrobo 44(1),147-154.

Padula G., Giordani E., Bellini E., Rosati A., Pandolfi S., Paoletti A., Pannelli G., Ripa V., De Rose F., Perri E., Buccoliero A. and Mennone C. (2008) : "Field evaluation of new olive Olea europaea L.) selections and effects of genotype and environment on productivity and fruit characteristics". Adv. Hort. Sci., 22, (2), 87-94.

Pannelli G., Rosati A., Pandolfi S., Padula G., Mennone C., Giordani E. and Bellini E. (2006): "Field evaluation of olive selections derived from a breeding program" In: Proceedings Second International Seminar Olivebioteq 2006- November 5th-10thMazara delVallo, Marsala (Italy) Volume 1: 95-102.

Pannelli G., Rosati A., Paoletti A., Pandolfi S., Pellegrini A., Ripa V., De Rose F., Perri E., Buccoliero A., Mennone C., Padula G., Giordani E., Bellini E. (2009a) : "Valutazione agronomica di nuovi genotipi di olivo da incroci programmati coltivati in Metaponto, Rossano Calabro e Spoleto", Italus Hortus, 3, 11-34.

Pannelli G., Paoletti A., Rosati A., Pandolfi S., Pellegrini A., Ripa V., De Rose F., Perri E., Buccoliero A., Mennone C., Padula G., Giordani E., Bellini E. (2009b) : "Caratteristiche degli alberi, dei frutti e dell'olio di progenie di olivo da incroci programmati selezionate nell'ambito del progetto Se.In.Ol.Ta. ", Italus Hortus, 3, 45-54.

Ripa V., De Rose F., Caravita M.A., Parise M.R., Perri E., Rosati A., Pandolfi S., Paoletti A., Pannelli G., Padula G., Giordani E., Bellini E., Buccoliero A., Mennone C. (2008): "Qualitative evaluation of olive oils from new olive selections and effects of genotype and environment on oil quality", Advances in Horticultural Science, 2, 95-103.

Rosati A., Paoletti A., Caporali S., Perri E. (2013) : "The role of tree architecture in super highdensity olive orchards", Scientia Horticulturae, 161: 24-29.

RELACIÓN ENTRE CONOCIMIENTO, CONFUSIÓN Y CONSUMO DE ACEITES DE OLIVA EN EUROPA

Garrido-Castro, Elisa. Universidad de Jaén, egcastro@ujaen.es
Murgado-Armenteros, Eva M. Universidad de Jaén, emurgado@ujaen.es
Torres-Peña, Francisco José. Universidad de Jaén, ftp00005@red.ujaen.es
Valdelomar-Muñoz, Sergio. Universidad de Jaén, svmunoz@ujaen.es

RESUMEN: El conocimiento del consumidor ha sido una variable ampliamente estudiada en el campo del marketing por su fuerte influencia en el comportamiento de compra, siendo clave en determinados contextos de consumo y para ciertas categorías de producto como los aceites de oliva, donde la decisión del consumidor depende, en gran medida, de lo que este conoce sobre ellos. Teniendo en cuenta las bondades y beneficios que poseen los aceites de oliva vírgenes, mayores niveles de conocimiento se asociarían en mayor medida con el consumo de este tipo de aceites de alta calidad. No obstante, aquello que el consumidor no conoce también podría tener efectos en el comportamiento.

Así, los principales objetivos de este trabajo son, de un lado, estudiar la relación entre conocimiento y consumo de aceites de oliva vírgenes extra; y, de otro, analizar la relación entre el desconocimiento y consumo de estos aceites, diferenciando entre desconocimiento consciente (ignorancia) o inconsciente (error, confusión). Para ello, fueron utilizados los datos de una encuesta online realizada a 3200 consumidores de aceites de oliva en cuatro países europeos desarrollados con diferentes niveles de consumo de este producto: España, Alemania, Reino Unido y Dinamarca.

Los resultados arrojan la existencia de una relación positiva entre conocimiento y consumo de aceites de oliva vírgenes extra en todos los países considerados, por lo que un mayor conocimiento se asocia con un mayor consumo de aceites de alta calidad. Asimismo, se observa una asociación positiva entre conocimiento y confusión en países con niveles de conocimiento medio, lo que permite concluir que a medida que se va adquiriendo un mayor conocimiento, también más errores se cometen o creencias falsas se infieren.

PALABRAS CLAVE: Conocimiento, Desconocimiento, Confusión, Países desarrollados, Aceites de oliva.

ABSTRACT: Consumer knowledge has been a variable widely studied in the field of marketing due to its strong influence on purchasing behaviour, being key in certain consumption contexts and for certain product categories such as olive oils, where the consumer's decision depends, to a large extent, on what he/she knows about them. Taking into account the goodness and benefits of virgin olive oils, higher levels of knowledge would be associated to a greater extent with the consumption of this type of high quality oils. However, what the consumer does not know could also have an effect on behaviour.

Thus, the main objectives of this work are, on the one hand, to study the relationship between knowledge and consumption of extra virgin olive oils; and, on the other hand, to analyse the relationship between non-knowledge and consumption of these oils, differentiating between conscious non-knowledge (ignorance) or unconscious non-knowledge (error, confusion). For this purpose, data from an online survey of 3200 olive oil consumers in four developed European countries with different levels of consumption of this product were used: Spain, Germany, United Kingdom and Denmark.

Results show a positive relationship between knowledge and consumption of extra virgin olive oils in all the countries considered, whereby greater knowledge is associated with higher consumption of high quality oils. Likewise, a positive association between knowledge and confusion is observed in countries with medium levels of knowledge, which leads to the conclusion that as more knowledge is acquired, more mistakes are made or false beliefs are inferred.

KEYWORDS: Knowledge, Non-knowledge, Wrong, Developed countries, Olive oils.

1. INTRODUCCIÓN

En el estudio del consumidor, el conocimiento ha sido una de las variables más estudiadas por su fuerte influencia en el comportamiento de compra o consumo. Numerosos trabajos lo entienden como uno de los predictores más fuertes del comportamiento (Laroche et al., 2003; Dodd et al., 2005; Likoudis et al. 2015) y como la base sobre la que se forman, a su vez, otras variables determinantes de dicho comportamiento (Fishbein, 1963; Gil y Soler, 2006; Fazio, 2007; Solomon et al., 2010).

Concibiéndose, en sentido amplio, como "información en la mente del consumidor", el conocimiento constituiría la base del comportamiento, dado que la probabilidad de compra de un producto dependerá, en gran medida, de lo que el consumidor particularmente sepa sobre él y de la medida en que estime que dicho producto puede solucionar el problema concreto que busca resolver.

Para una toma de decisiones acertada, es necesario que el consumidor tenga suficiente conocimiento sobre los productos (Olney y Bryce, 1991). Si el nivel de conocimiento es bajo, de acuerdo con Ellen (1994), los consumidores encuentran dificultades para hacer "buenas" elecciones debido a su desconocimiento o confusión.

En este sentido, el conocimiento del consumidor es una variable que puede tener especial incidencia (ser clave) en ciertos contextos de consumo como el agroalimentario, donde existe una oferta muy amplia y variada de productos, mucha información pero poco control sobre la misma, y escasa implicación en general por parte del consumidor (Beharrell y Deninson, 1995; Hingley et

al., 2007; Tanner y Raymond, 2016). En estos contextos, el consumo depende particularmente de lo que sabe o conoce el consumidor sobre el producto (características, ventajas funcionales, etc.), por lo que el efecto o impacto del conocimiento en el comportamiento es aún mayor.

Ciertas categorías genéricas de alimentos, como los aceites de oliva, se encuentran en esta situación: el grado de conocimiento determina en gran medida su consumo. Por ello, el bajo grado de conocimiento que existe actualmente sobre este producto, sus tipos, usos o características, tanto en países productores como en mercados potenciales, repercute negativamente en la economía del sector. Ante la ausencia de criterios de elección claros, los consumidores utilizan la poca o única información que tienen en su proceso de compra, cobrando el precio o la marca mayor importancia (Torres et al., 2012). Adicionalmente, el desconocimiento de las características diferenciadoras entre aceites, incrementa la similitud entre ellos desde el punto de vista de los consumidores, lo que hace que sean intercambiables en el mercado (en la mente del consumidor) y compitan de forma directa. Un conocimiento elevado sobre las bondades y ventajas de los aceites de oliva vírgenes sobre el aceite de oliva, debería traducirse en una mayor propensión a comprar aceites de oliva vírgenes, en detrimento del aceite de oliva. Del mismo modo, el desconocimiento de las características diferenciadoras daría lugar a un consumo más arbitrario entre ambos productos, donde la elección dependería del precio, la familiaridad de marca o la disponibilidad en el establecimiento comercial.

Paralelamente, siguiendo a Torres-Ruiz et al. (2021), lo que el consumidor no sabe sobre un producto, también podría influir en la compra del mismo. Así, dos consumidores con el mismo conocimiento (cualitativa y cuantitativamente) sobre un producto pueden diferir en su comportamiento de compra o consumo, a causa de su estructura de desconocimiento. Desconocimiento que puede tener dos patrones: confusión (cuando el consumidor no es consciente de que no sabe algo, no sabe que está equivocado) o ignorancia (cuando el consumidor es consciente de su falta de conocimiento, sabe que no conoce).

Así, los objetivos de este trabajo son: (1) estudiar la relación entre conocimiento y consumo de aceites de oliva vírgenes extra, y (2) analizar la relación entre el desconocimiento y consumo de estos aceites, diferenciando entre desconocimiento consciente (ignorancia) o inconsciente (error, confusión), en cuatro países europeos desarrollados con diferentes niveles de consumo de este producto: España, Alemania, Reino Unido y Dinamarca.

2. MÉTODO

Para el alcance de los objetivos planteados, se ha utilizado la investigación cuantitativa. En concreto, se ha llevado a cabo una encuesta Online-CAWI en cuatro países con diferentes niveles de consumo de aceites de oliva (España, Alemania, Reino Unido y Dinamarca). En total, se han encuestado a 3200 individuos (800 por país) seleccionados aleatoriamente en un panel de

consumidores en el que los sujetos debían cumplir como requisito para ser incluido en el estudio, ser consumidores de aceites de oliva, lo que se concretó en que hubieran comprado el producto en el último año.

En el cuestionario se incluyeron 11 ítems relacionados con el conocimiento de aceites de oliva, en los que los entrevistados tenían que responder si cada ítem era verdadero, falso o no sabían la respuesta. Estos ítems fueron desarrollados por investigadores del Instituto Universitario de Investigación en Olivar y Aceite de Oliva de la Universidad de Jaén y expertos conocedores del mercado de los aceites de oliva. Asimismo, han sido validados en otros trabajos como Garrido-Castro y Torres Ruiz (2019) y Garrido-Castro et al. (2021).

3. RESULTADOS

El grado de conocimiento se asocia de manera directa y fuerte con el consumo de aceites de oliva vírgenes extra en todos los países considerados. Así, los consumidores de AOVE resultan tener un mayor nivel de conocimiento sobre aceites de oliva que aquellos que no son consumidores, siendo las diferencias significativas entre ambos grupos.

Asimismo, mayor conocimiento se relaciona con mayor nivel de confusión o error, resultados consistentes con trabajos previos (Torres-Ruiz et al., 2021). Concretamente, en niveles bajos de conocimiento, el consumidor resulta ser consciente de su desconocimiento (casos de Reino Unido y Dinamarca); sin embargo, en niveles medios de conocimiento, cuando el consumidor sabe más, se equivoca más, no siendo consciente de su desconocimiento (casos de España y Alemania). Por tanto, a medida que va creciendo el conocimiento, se van también infiriendo más creencias falsas o cometiendo más errores. Esta relación observada entre conocimiento y confusión, también se traslada al consumo, pues estos sujetos confusos se comportan de forma similar a aquellos que tienen altos niveles de conocimiento (Torres-Ruiz et al., 2021). Así, los consumidores de AOVE tienen un mayor nivel de confusión que aquellos que no son consumidores, siendo las diferencias significativas entre ambos grupos.

4. CONCLUSIONES

El conocimiento del consumidor juega un importante papel en el comportamiento de compra, siendo clave para el consumo en determinados contextos o para ciertas categorías de productos como los aceites de oliva.

Este trabajo confirma, concretamente, la asociación directa y positiva entre conocimiento y consumo de AOVE, esto es, a mayores niveles de conocimiento, mayor consumo de aceites de más calidad.

De otra parte, el desconocimiento (confusión o ignorancia) sobre un producto, también puede afectar a la decisión de compra. En el contexto particular de los aceites de oliva, se observa que a medida que se incrementa el conocimiento, también lo hace la confusión del consumidor, asociándose así el consumo de AOVE con un mayor nivel de error del consumidor en niveles medios de conocimiento.

Las conclusiones de este trabajo confirman la importancia y la necesidad de transmitir al consumidor información útil y clara sobre aceites de oliva, a través de campañas de comunicación eficaces (algo que hasta el momento parece no haberse logrado dado el bajo nivel de conocimiento persistente del consumidor), a fin de incrementar y mejorar el conocimiento del mercado, favorecer una toma de decisiones acertada y consciente, así como potenciar el consumo de los aceites de más calidad.

BIBLIOGRAFÍA

Beharrell, B., y Denison, T. J. (1995): «Involvement in a routine food shopping context», British Food Journal, 97 (4), pp. 24-29.

Dodd, T. H, Laverie, D. A., Wilcox, J. F., y Duhan, D. F. (2005): «Differential Effects of Experience, Subjective Knowledge, and Objective Knowledge on Sources of Information Used in Consumer Wine Purchasing», Journal of Hospitality and Tourism Research, 29 (1), 3-19.

Ellen, P. S. (1994): «Do we know what we need to know? Objective and subjective knowledge effects on pro-ecological behaviors», Journal of Business Research, 30 (1), 43-52.

Fazio, R. H. (2007): «Attitudes as object-evaluation associations of varying strength». Social Cognition, 25 (5), 603-637.

Fishbein, M. (1963): «An investigation of the relationship between beliefs about an object and the attitude toward that object», Human Relations, 16 (3), 233-239.

Garrido-Castro, E., Murgado-Armenteros, E.M. y Torres-Ruiz, F.J. (2021): «How can consumer involvement be changed through communication campaigns? An information content choice model applied to the olive oil case», British Food Journal, 123 (11), 3672-3688.

Garrido-Castro, E., y Torres-Ruiz, F. J. (2019): «What to communicate: selecting the information content to increase the demand for food products», International Food and Agribusiness Management Review, 22(1030-2019-2940), 465-482.

Gil, J.M., y Soler, F. (2006): «Knowledge and willingness to pay for organic food in Spain: Evidence from experimental auctions», Food Economics, 3, 109-124.

Hingley, M., Taylor, S., y Ellis, C. (2007): «Radio frequency identification tagging: Supplier attitudes to implementation in the grocery retail sector», International Journal of Retail & Distribution Management, 35 (10), 803-820.

Laroche, M., Bergeron, J., y Goutaland, C., (2003): «How intangibility affects perceived risk: The moderating role of knowledge and involvemen»t, Journal of Services Marketing, 17 (2), 122-140.

Likoudis, Z., Sdrali, D., Costarelli, V., y Apostolopoulos, C. (2015): «Consumers' intention to buy protected designation of origin and protected geographical indication foodstuffs: the case of Greece», International Journal of Consumer Studies, 40 (3), 283-289.

Olney, T. J., y Bryce, W. (1991): «Consumer Responses to Environmentally Based Product Claims», in NA - Advances in Consumer Research Volume 18, eds. Rebecca H. Holman and Michael R. Solomon, Provo, UT : Association for Consumer Research, Pages: 693-696.

Solomon, M.R., Bamossy, G., Askegaard, S. y Hogg, M.K. (2010): «Consumer Behavior: A European Perspective». Pearson Education, London.

Tanner, J. F., y Raymond, M. A. (2016): «Factors that influence consumers' buying behavior'». Principles of marketing, v 3.0. Flat World Knowledge.

Torres, F.J., Vega, M., y Gutiérrez, M. (2012): «Análisis de la confusión sobre los aceites de oliva y su efecto en el mercado», Distribución y Consumo, 122, 1-8.

Torres-Ruiz, F.J., Garrido-Castro, E., y Gutiérrez-Salcedo, M. (2021), «Exploring consumer non-knowledge in the agrifood context and its effects on behaviour», British Food Journal, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print.

ADECUACIÓN DEL SISTEMA DE ETIQUETADO NUTRICIONAL NUTRI-SCORE A LOS ACEITES DE OLIVA

Marano-Marcolini, Carla. Universidad de Jaén, cmarano@ujaen.es
Parras-Rosa, Manuel. Universidad de Jaén, mparras@ujaen.es
López-Zafra, Esther. Universidad de Jaén, elopez@ujaen.es
Torres-Ruiz, Francisco José. Universidad de Jaén, ftorres@ujaen.es

RESUMEN: Las condiciones nutricionales de la población han empeorado en los últimos años, tanto en países en vías de desarrollo como en países desarrollados, siendo causa de las llamadas enfermedades no transmisibles. Esta problemática ha suscitado la creación de sistemas de etiquetado nutricional capaces de informar de manera más eficaz a los consumidores, de modo que puedan tomar decisiones de consumo más saludables. Uno de estos etiquetados son los signos que se incluyen en la parte frontal de las etiquetas y que ya están siendo utilizados en varios países. En el caso de España, se emplea el sistema interpretativo Nutri-Score, que mediante un algoritmo calcula una puntuación nutricional del alimento en base a nutrientes negativos y positivos, generando una combinación de letras y colores. Este sistema ha sido objeto de múltiples críticas por no tener en cuenta el valor nutricional global del alimento, perjudicando a ciertos productos como ocurre con los aceites de oliva. En este caso, en un primer momento los resultados de la clasificación le otorgaban a los aceites una letra D (naranja), una de las puntuaciones más bajas. Tras muchas críticas, se modificó el algoritmo obteniendo finalmente una letra C (amarillo), una clasificación intermedia que nada se aproxima al valor nutricional que las evidencias científicas le otorgan a este alimento base de la Dieta Mediterránea. En este trabajo en curso se analiza la adecuación de este sistema a los aceites de oliva.

PALABRAS CLAVE: Aceites de oliva, Nutrición, Sistemas de etiquetado, Dieta Mediterránea.

ABSTRACT: The nutritional conditions of the population have worsened in recent years, both in developing and developed countries, being the cause of the so-called non-communicable diseases. This problem has led to the creation of nutritional labeling systems capable of informing consumers more effectively, so that they can make healthier consumption decisions. One of these labels are the signs that are included on the front of the labels and that are already being used in several countries. In the case of Spain, the Nutri-Score interpretive system is used, which through an algorithm calculates a nutritional score for the food based on negative and positive nutrients, generating a combination of letters and colors. This system has been the subject of multiple criticisms for not taking into account the overall nutritional value of the food, harming certain products, such as olive oils. In this case, at first the results of the classification gave the oils a letter D (orange), one of the lowest scores. After much criticism, the algorithm was modified, finally obtaining a letter C (yellow), an intermediate classification that does not come close to the nutritional value that scientific evidence gives this basic food of the Mediterranean Diet. This work in progress analyzes the adequacy of this system to olive oils.

KEYWORDS: Olive oils, Nutrition, Labeling systems, Mediterranean Diet.

1. ASPECTOS FORMALES DEL RESUMEN AMPLIADO

Uno de los grandes retos del siglo XXI es la mejora de las condiciones nutricionales de la población, no solo en los países en vías de desarrollo, sino también en países desarrollados donde factores como la obesidad y el sobrepeso aumentan año tras año. La obesidad es uno de los principales factores causantes de las llamadas enfermedades no transmisibles (ENT) entre las que se encuentran las cardiovasculares (ataques cardíacos y accidentes cerebrovasculares), el cáncer, las enfermedades respiratorias crónicas y la diabetes. Llevar una dieta malsana, junto con otros hábitos como la inactividad física o el consumo de tabaco y alcohol, aumenta considerablemente el riesgo de padecer este tipo de enfermedades (Organización Mundial de la Salud –OMS-, 2018).

Para conseguir que los consumidores sean conscientes de la relación dieta-salud, resulta necesario no solo educar y enseñar, sino también ofrecer una información alimentaria clara, concisa y veraz (Kanter et al., 2018). De este modo, se aboga por el desarrollo de un etiquetado nutricional que no induzca a error o engaño y sea claro, comprensible y legible para el consumidor medio.

En el Reglamento 1169/2011 sobre información alimentaria facilitada al consumidor, se habla de una nueva forma de expresión de la información nutricional a través de formas gráficas o símbolos que están empleando algunos Estados Miembros y organizaciones alimentarias en la parte frontal de los envases y que podrían ayudar al consumidor "a entender mejor la información nutricional". Se describen estas nuevas formas de expresión como una "evolución" porque van más allá de la utilización de palabras o números. No obstante, aclara que no existen pruebas suficientes para afirmar que el consumidor medio entiende y utiliza estas formas de presentar la información.

Estas nuevas formas de expresión, que llamaremos a partir de ahora Sistemas de Etiquetado Nutricional de la parte Frontal del Envase (SENFE), se pueden clasificar en: (1) los que informan al consumidor sobre los nutrientes específicos de un producto y, (2) los que interpretan esa información para el consumidor, de una forma directa (sin presentar información sobre nutrientes), o de una forma semi-directa (dando información sobre algunos nutrientes).

En este trabajo nos centraremos en el sistema Nutri-Score, que es un SENFE interpretativo directo que recientemente se ha implantado en España de forma voluntaria. Este sistema, desarrollado en Francia, utiliza una gradación de colores y letras para representar mayor o menor calidad nutricional en el alimento. Se basa en un algoritmo que asigna puntos en función de la composición nutricional por 100 gramos o 100 mililitros de producto y tiene en cuenta el contenido de elementos menos saludables (calorías, azúcar, grasas saturadas y sal) y más favorables (fibra, proteínas y el porcentaje de frutas, verduras, legumbres, frutos secos y frutas oleaginosas) (Chantal

& Hercberg, 2017). Algunos autores argumentan que el algoritmo empleado simplifica demasiado y no clasifica correctamente a productos altamente saludables (González Vaqué, 2021).

En el caso de España, por ejemplo, el primer estudio que prueba científicamente la relación positiva entre salud e implementación del sistema Nutri-Score (en palabras de los autores), es el de Gómez-Donoso et al. (2021). Los autores demuestran que cuanto peor es la puntuación nutricional de un alimento mayor es el riesgo de mortalidad prematura. En este proyecto se recogieron datos durante diez años sobre la dieta de más de veinte mil personas voluntarias. Para cada producto calculaban la cantidad de nutrientes según el perfil nutricional inglés. Sobre esa base de datos es donde, a posteriori, se observa cómo estaría clasificado cada producto en el sistema Nutri-Score. Sin embargo, en ningún momento se analiza la interpretación y el uso que hace el consumidor de este sistema de etiquetado. Es más, los propios autores recalcan en la discusión del trabajo que el diseño metodológico no incluye alimentos preenvasados y con un logo Nutri-Score, sino que solo cubre una pequeña muestra de alimentos disponibles para el consumo.

Este trabajo señala otros problemas relativos a este tipo de sistemas, que además han sido objeto de debate en la sociedad española durante los últimos años. Por ejemplo, la polémica suscitada por la clasificación de un producto con probadas cualidades saludables como es el aceite de oliva (Toledo et al., 2015), característico, además, de la dieta mediterránea. En un primer momento el aceite de oliva fue catalogado con una letra D (naranja). Posteriormente, se modificó el algoritmo inicial para mejorar la puntuación del mismo, quedando este clasificado con una C (amarillo). una clasificación intermedia que nada se aproxima al valor nutricional que las evidencias científicas le otorgan a este alimento base de la Dieta Mediterránea. Con esa clasificación las categorías de aceites de oliva vírgenes (AOV y Aceite de Oliva Virgen Extra-AOVE-) se equiparan a los aceites de semillas refinados, puntuando todos con una letra C. Esto desvaloriza enormemente a los vírgenes, que son puro zumo de aceitunas y cuyas propiedades nutricionales son mundialmente reconocidas (los aceites de oliva vírgenes son ricos en grasas monoinsaturadas, que pertenecen al grupo de las grasas saludables. Sus efectos beneficiosos se han comprobado tanto a nivel físico -i.e. tienen propiedades antibacterianas, ayudan al sistema inmunológico, etc.- como psicológico -i.e. mejora las funciones cognitivas, previene el Alzehimer, etc.-).

Se equipara igualmente con el propio aceite de oliva común, también refinado, por lo que, a igualdad de puntuaciones o valor nutricional, hará que el consumidor se decante por el aceite más barato. Conviene destacar que una misma categoría de producto puede contar con diversas calidades, como pasa con el aceite de oliva, y esto merece una adecuada clasificación porque si no estaríamos volviendo a generar la confusión en el consumidor que queríamos evitar.

Prueba de este sinsentido es la opinión que los mismos expertos que avalan el sistema Nutri-Score dan sobre el caso de los AOV. Por ejemplo, en el trabajo de Gómez-Donoso et al. (2021), donde se aboga por este sistema, se señalan varias limitaciones del mismo. En concreto, en relación

a los AOV, recomiendan que este sea reclasificado y puntúe con una letra A (verde oscuro) en lugar de con una C. Además, también señalan que estos sistemas deberían facilitar la comparación entre alimentos que pertenecen a la misma categoría (lo cual no hacen), pues el aceite de oliva debería puntuar más que otros tipos de aceites y grasas, ya que su beneficio para la salud es superior. En todo caso, las grasas son necesarias dentro de la dieta y la utilización de este sistema con la puntuación C (amarillo) puede dar la errónea percepción de que es un alimento a evitar. Si pensamos en consumidores muy preocupados por su salud y alimentación, que solo consumiesen alimentos marcados en verde, esta clasificación, a la larga, estaría empobreciendo su dieta.

Según Solano (2021), Nutri-Score no valora la calidad nutricional global, solo tiene en cuenta los nutrientes críticos y omite la matriz alimentaria, por lo que no sirve para representar la composición nutricional del alimento. En el caso de los aceites de oliva, si se considerara su aporte en ácido oleico, vitaminas y compuestos fenólicos, la categorización en Nutri-Score sería una A y no una C.

Finalmente, desde el Ministerio de Consumo español se ha declarado que el aceite de oliva, al ser un producto de un único ingrediente, va a ser excluido del sistema Nutri-Score y se está además trabajando para que esto sea extensible al resto de países. No obstante, consideramos esta medida como insuficiente. Puede ocurrir que al eliminar el AOV del sistema se dé una imagen de que "tiene algo que esconder", generando más confusión aún. Además, si, finalmente en otros países el AOV sigue estando dentro del sistema y puntuando con una letra C Las exportaciones se verían seriamente perjudicadas. Seguramente lo más efectivo sería luchar por conseguir una clasificación superior, la que efectivamente le corresponde a los AOV (letra A), en lugar de prescindir de la misma.

Algunos países, como Italia, han rechazado su implantación y han desarrollado su propio sistema nutricional (NutrInform Battery), precisamente alegando que el sistema Nutri-Score es contrario a los principios de la Dieta Mediterránea, que se basa en un consumo equilibrado de los alimentos. Otros profesionales defienden sistemas como el de advertencia (empleado en Chile), un etiquetado obligatorio para aquellos productos que tienen cantidades excesivas de ingredientes perjudiciales para la salud, como azúcar, sal o grasas saturadas (Taillie et al., 2020). Al ser este un etiquetado que solo proporciona información sobre los nutrientes perjudiciales para la salud no encuentra el apoyo de la industria (que, curiosamente, parece preferir el sistema Nutri-Score). Sin embargo, investigadores chilenos destacan que ni el empleo ni los salarios se han visto perjudicados en la industria alimentaria chilena desde que se impuso este sistema (Ministerio de Salud, 2019). Sí se demuestran, por el contrario, sus resultados positivos, como una reducción en la compra de productos insanos, una mejor comprensión e identificación de los alimentos saludables y una necesaria reformulación de aquellos alimentos con peores condiciones nutricionales. La reformulación de los alimentos, junto con la educación y la información nutricional, supone

una acción clave para mejorar la dieta de la población, como así indican organismos como la Organización Mundial de la Salud, y esto nunca se produciría si no se cuenta de con un sistema que prime el bienestar del consumidor.

En definitiva, sistemas más fáciles e intuitivos como el Nutri-Score son necesarios para que el consumidor comprenda mejor la información de la etiqueta, sin embargo, no se puede optar por cualquier sistema de una forma precipitada y sin contar con estudios exhaustivos y rigurosos que prioricen el bien del consumidor.

2. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chantal, J., & Hercberg, S. (2017): «Development of a new front-of-pack nutrition label in France: The five-colour Nutri-Score», *Public Health Panorama*, 3(04), 712-725.

Gómez-Donoso, C., Martínez-González, M. Á., Pérez-Cornago, A., Sayón-Orea, C., Martínez, J. A., & Bes-Rastrollo, M. (2021): «Association between the nutrient profile system underpinning the Nutri-Score front-of-pack nutrition label and mortality in the SUN project: A prospective cohort study», *Clinical Nutrition*. 40(3), 1085-1094. https://doi.org/10.1016/j.clnu.2020.07.008

González Vaqué, L. (2021): «Nutritional Information for Consumers – Is It Really Useful?», *European Food & Feed Law Review*, 16(1), 2-9.

Kanter, R., Vanderlee, L., & Vandevijvere, S. (2018): «Front-of-package nutrition labelling policy: Global progress and future directions», *Public Health Nutrition*, 21(8), 1399-1408. https://doi.org/10.1017/S1368980018000010

Ministerio de Salud (2019): «Hoja informativa: Evaluación Ley de Alimentos nº20606». Gobierno de Chile, Julio de 2019, <https://elpoderdelconsumidor.org/wp-content/uploads/2019/12/d-etiquetado-chile-estudio-ley-d-alimentos-2019-07.pdf> (consulta 08/04/2021).

OMS (2018): «Datos de enfermedades no transmisibles», <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases> (consulta 01/04/2021).

Reglamento (UE) nº1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de octubre de 2011 sobre la información alimentaria facilitada al consumidor. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 304/18, 22.11.2011.

Solano, L. (2021): «Nutri-Score y aceites de oliva», *Luisa Solano*, <https://luisasolano.com/2021/01/20/nutri-score-y-aceites-de-oliva/amp/> (consulta 8/04/2021).

Taillie, L. S., Reyes, M., Colchero, M. A., Popkin, B., & Corvalán, C. (2020): «An evaluation of Chile's Law of Food Labeling and Advertising on sugar-sweetened beverage purchases from 2015 to 2017: A before-and-after study», *PLOS Medicine*, 17(2). https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1003015

Toledo, E., Salas-Salvadó, J., Donat-Vargas, C., Buil-Cosiales, P., Estruch, R., Ros, E., Corella, D., Fitó, M., Hu, F. B., & Arós, F. (2015): «Mediterranean diet and invasive breast cancer risk among women at high cardiovascular risk in the PREDIMED trial: A randomized clinical trial», *JAMA internal medicine*, 175(11), 1752–1760. doi:10.1001/jamainternmed.2015.4838

Visioli, F., Franco, M., Toledo, E., Luchsinger, J., Willett, W. C., Hu, F. B., & Martinez-Gonzalez, M. A. (2018): «Olive oil and prevention of chronic diseases: Summary of an International conference», *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 28(7), 649-656. https://doi.org/10.1016/j.numecd.2018.04.004

LA BIODIVERSIDAD DESDE LA PERSPECTIVA DEL CONSUMIDOR: DIMENSIONES Y SIGNIFICADOS ASOCIADOS AL CONCEPTO

Valdelomar-Muñoz, Sergio. Universidad de Jaén, svmunoz@ujaen.es
Murgado-Armenteros, Eva María. Universidad de Jaén, emurgado@ujaen.es
Garrido-Castro, Elisa. Universidad de Jaén, egcastro@ujaen.es
Torres-Ruiz, Francisco José. Universidad de Jaén, ftorres@ujaen.es

RESUMEN: Son numerosos los estudios en los que se pone de relieve que el consumidor cada vez está más concienciado por la protección del medioambiente y la conservación de la naturaleza. Esta mayor preocupación se traduce en la adquisición de productos procedentes de fuentes de producción sostenibles, entre los que se encuentra el aceite de oliva. En este trabajo exploramos el concepto de biodiversidad y sus significados desde la perspectiva del consumidor. En este sentido, defendemos la idea de que se trata de un concepto que presenta una asociación más fuerte con el medioambiente y, por ende, que tiene un mayor poder evocativo que otros términos existentes generando menos confusión y siendo más fácil de interpretar por el consumidor. A partir de un estudio cualitativo basado en 12 grupos de discusión llevados a cabo en España, Reino Unido, Alemania y Dinamarca, se realiza un análisis en profundidad del concepto identificando las principales dimensiones y significados asociados a la biodiversidad, encontrándose diferencias entre países, así como entre consumidores con diferentes niveles de sensibilización medioambiental. Los resultados obtenidos ponen de relieve que podría ser más efectivo centrar la estrategia de comunicación en el término biodiversidad si se pretende incrementar el grado de preocupación medioambiental de los consumidores y, por consiguiente, la demanda de productos proambientales. Es por ello que el término biodiversidad podría ser considerado como un atributo diferenciador para los AOVEs en el mercado, con gran potencial de convertirse en un signo de calidad diferenciada que aporte valor añadido a este producto.

PALABRAS CLAVE: Biodiversidad, Medioambiente, Comportamiento del consumidor, Marketing agroalimentario, Aceite de oliva

ABSTRACT: Numerous studies show that consumers are becoming increasingly aware of the need to protect the environment and conserve nature. This greater concern translates into the purchase of products from sustainable production sources, including olive oil. We explore the concept of biodiversity and its meanings from a consumer perspective. In this sense, we defend the idea that it is a concept that has a stronger association with the environment and hence has a greater evocative power than other existing terms, generating less confusion and being easier for the consumer to interpret. An in-depth analysis of the concept is conducted from a qualitative study based on 12 focus groups carried out in Spain, the United Kingdom, Germany and Denmark, identifying the main dimensions and meanings associated with biodiversity. Differences between countries were found, as well as between consumers with different levels of environmental

awareness. The results obtained show that it may be more effective to focus the communication strategy on the term biodiversity in order to increase consumers' environmental concern and, consequently, the demand for pro-environmental products. Therefore, the term biodiversity could be considered as a differentiating attribute for EVOOs in the market, with great potential to become a sign of differentiated quality that brings added value to this product.

KEYWORDS: Biodiversity, Environment, Consumer behavior, Agro-food marketing, Olive oil

1. INTRODUCCIÓN

Un conjunto de factores de alcance mundial como la superpoblación, los escándalos alimentarios, la emisión de gases de efecto invernadero, la contaminación, el vertido de microplásticos en las aguas o el creciente número de especies en peligro de extinción, ha ocasionado una tendencia creciente, acelerada en los últimos años, hacia la preocupación por la conservación de la naturaleza. En relación con estos factores, en la literatura se pone de relieve que la pérdida de biodiversidad y la importancia de su conservación, sea probablemente la principal dimensión ambiental de la sostenibilidad y, por ende, el principal indicador de salud del planeta (Blicharska *et al*., 2019).

En este sentido, un aspecto fundamental que debe ser abordado está íntimamente relacionado con la comprensión de este concepto, ya que, a pesar de que cada vez los consumidores muestran una actitud más positiva hacia el medioambiente y su protección, es elevado el nivel de desconocimiento que existe sobre el concepto de biodiversidad. Así se pone de manifiesto en el *Special Eurobarometer* (Comisión Europea, 2019), donde se alude a la necesidad de seguir profundizando en este tema.

En este contexto, en el presente trabajo se pretende ahondar en el concepto de biodiversidad y en su significado desde la perspectiva de los consumidores. La finalidad de este estudio es identificar las dimensiones clave a las que se asocia este término de modo que pueda orientarse mejor la estrategia de comunicación de cara a posicionar la biodiversidad como el principal indicador de mejora medioambiental y, por ende, como el término nuclear en el que deben centrarse las campañas de comunicación para concienciar al consumidor y generar comportamientos proambientales.

En relación con la biodiversidad, es exigua la literatura en la que se aborda este tema desde una perspectiva de marketing. Los trabajos existentes ponen de manifiesto que existe un importante grado de desconocimiento sobre su significado, bien porque las interpretaciones del consumidor están alejadas del significado real (Spash y Hanley, 1995; Christie *et al*., 2006; Soini y Aakkula, 2007; Lindemann-Matthies y Bose, 2008; Wezel *et al*., 2013; Arbuthnott y Devoe, 2014; Kiley *et al*., 2019) o bien porque el consumidor nunca ha escuchado este término (Spash y Hanley, 1995; Christie *et al*., 2006; Wezel *et al*., 2013; European Comission, 2019).

Un mayor conocimiento sobre este concepto no solo contribuirá a una mayor concienciación medioambiental, sino también al desarrollo de comportamientos y acciones de consumo ambientalmente sostenibles (Prakash *et al*., 2019; Vătămănescu *et al*., 2021; Aprile y Punzo, 2022; Bussel *et al*., 2022). Además, la biodiversidad podría convertirse en un criterio para diferenciar los productos (Wezel *et al*., 2013) y, por ende, en un signo de calidad diferenciada.

2. METODOLOGÍA

Se ha realizado una investigación cualitativa centrada en el tema y concepto de biodiversidad. Son numerosos los autores que han señalado la idoneidad de esta metodología, de forma general, para llevar a cabo análisis de cuestiones relacionadas con problemas inductivos, exploratorios o de comprensión (Ortí, 2010; Murgado, 2011; Ruiz, 2012; Hamui y Varela, 2013; Ferrando *et al*., 2015). Dentro del conjunto de técnicas cualitativas existentes, se ha optado por seleccionar la referente a los *focus groups* o grupos de discusión por ser más adecuada para aquellas situaciones en las que el objetivo consiste en la identificación de discursos y significados compartidos por los individuos. Con la finalidad de profundizar minuciosamente en la información obtenida, nos hemos apoyado en la utilización del software informático de investigación cualitativa *NVivo v.12*.

Se han realizado grupos de discusión en cuatro países (España, Reino Unido, Alemania y Dinamarca). El perfil estructural de los grupos se determinó en función de su sensibilización con la ecología y algunas variables sociodemográficas, entre las que destaca el ciclo de vida familiar.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De manera general, los principales resultados arrojados en el análisis de los grupos de discusión ponen de relieve que se trata de un concepto complejo y poco conocido, al que se asocian algunos significados acertados, pero también otros muchos que quedan más alejados de la definición exacta de biodiversidad.

Las principales dimensiones identificadas, ordenadas de mayor a menor recurrencia en el discurso de los participantes, son las siguientes: 1) diversidad, 2) sostenibilidad, 3) materiales y envases reciclables, 4) seres vivos, 5) medioambiente, 6) alimentación, 7) ecológico, 8) salud y 9) naturaleza.

Por países, algunos de los significados asociados que se destacan son "productos naturales" –en Reino Unido–, "ecológico" –en Alemania–, "diversidad de especies" –en Dinamarca– y "diversidad en general" –en España.

En cuanto al nivel de sensibilización medioambiental de los participantes, algunos de los significados que se comparten en ambos niveles son "salud" y "respeto y cuidado del medioambiente".

Otras asociaciones como "sostenible" y "equilibrio" destacan en el bajo nivel de sensibilización, mientras que "ecosistema" lo hace en el alto nivel.

4. CONCLUSIONES

El estudio del concepto de biodiversidad, desde la perspectiva del consumidor, ha permitido identificar dimensiones clave para una mejor comprensión y comunicación del término. Estas dimensiones tienen como factor común la relación con el medioambiente y la conservación de la naturaleza. En este sentido, podemos concluir que la biodiversidad es un término con mayor poder de evocación hacia el medioambiente que otros términos existentes como el de "ecológico", que es considerado por los consumidores como un heurístico de superioridad.

Esta mayor asociación con el medioambiente y con conceptos como sostenibilidad, seres vivos y naturaleza, nos lleva a considerar la biodiversidad como un término que puede ser más fácilmente entendido e interpretado por el consumidor para desarrollar comportamientos sostenibles.

También, se ha detectado un relativo grado de desconocimiento y confusión en torno a este concepto, existiendo diferencias tanto por países como en función del grado de sensibilización que tiene el consumidor con el medioambiente. Esta situación pone de relieve la necesidad de realizar campañas de comunicación que contribuyan a una mayor comprensión del término, a nivel general, y de su importancia en la mejora de los problemas medioambientales. Así, los mensajes de comunicación deben poner el acento en cómo la mejora de la biodiversidad no solo es clave para conservar la naturaleza y recuperar las especies de flora y fauna autóctonas, sino también para hacer frente a los grandes problemas medioambientales mitigando el cambio climático o la contaminación, entre otros.

Estas conclusiones son de interés tanto desde una perspectiva académica como práctica. En el ámbito académico, contribuyen a generar conocimiento sobre el binomio biodiversidad-consumidor, que ha recibido escasa atención en la literatura sobre marketing. Y desde una óptica práctica, pueden ser de utilidad para que las empresas e instituciones puedan desarrollar campañas de comunicación más efectivas que redunden en un mayor conocimiento sobre la biodiversidad, en su consideración como signo de calidad diferenciada y en el desarrollo de comportamientos proambientales.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aprile, M. C. y Punzo, G. (2022): «How environmental sustainability labels affect food choices: Assessing consumer preferences in southern Italy», *Journal of Cleaner Production*, 332, 130046, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.130046.

Arbuthnott, K. D. y Devoe, D. (2014): «Understanding of Biodiversity Among Western Canadian University Students», *Human Ecology*, *42*, 147-158, doi: 10.1007/s10745-013-9611-y.

Blicharska, M., Smithers, R. J., Mikusiński, G., Rönnbäck, P., Harrison, P. A., Nilsson, M. y Sutherland,

W. J. (2019): «Biodiversity's contributions to sustainable development», *Nature Sustainability*, *2*, 1083-1093, doi: 10.1038/s41893-019-0417-9.

Bussel (van), L. M., Kuijsten, A., Mars, M. y Veer (van t'), P. (2022): «Consumers' perceptions on food-related sustainability: A systematic review», *Journal of Cleaner Production*, 341, 130904, doi: 10.1016/j.jclepro.2022.130904.

Christie, M., Hanley, N., Warren, J., Murphy, K., Wright, R. y Hyde, T. (2006): «Valuing the diversity of biodiversity», *Ecological Economics*, *58*(2), 304–317, doi: 10.1016/j.ecolecon.2005.07.034.

Comisión Europea (2019): «Special Eurobarometer 481. Attitudes of Europeans towards Biodiversity», doi: 10.2779/456395.

Ferrando, M., Alvira, F., Alonso, L. y Escobar, M. (2015): *El análisis de la realidad social. Método y técnicas de investigación*, Madrid, Alianza editorial.

Hamui Sutton, A. y Varela Ruiz, M. (2013): «La técnica de grupos focales», *Investigación en educación médica*, *2*(5), 55-60.

Kiley, H. M., Ainsworth, G. B. y Weston, M. A. (2019): «Modest levels of interpretability of the term 'biodiversity', mediated by educational level, among the Australian public», *Pacific Conservation Biology*, *25*(2), 208-210, doi: 10.1071/PC18056.

Lindemann-Matthies, P. y Bose, E. (2008): «How Many Species Are There? Public Understanding and Awareness of Biodiversity in Switzerland», *Human Ecology*, *36*(5), 731-742, doi: 10.1007/s10745-008-9194-1.

Murgado Armenteros, E. M. (2011): *Teoría y práctica del grupo de discusión en la investigación de mercados*. Tesis Doctoral dirigida por el Dr. Francisco José Torres Ruiz, Jaén, Universidad de Jaén.

Ortí, A. (2010): «La apertura y el enfoque cualitativo o estructural: la entrevista abierta semidirectiva y la discusión de grupo», en García Ferrando, M., Ibáñez, J. y Alvira, F. (Eds.) *El análisis de la realidad social. Métodos y técnicas de investigación*, Madrid, Alianza Editorial, 219-282.

Prakash, G., Choudhary, S., Kumar, A., Garza-Reyes, J. A., Syed, K. y Tapan, P. (2019): «Do altruistic and egoistic values influence consumers' attitudes and purchase intentions towards eco-friendly packaged products? An empirical investigation», *Journal of Retailing and Consumer Services*, 50, 163-169, doi: 10.1016/j.jretconser.2019.05.011.

Ruiz Olabuénaga, J. I. (2012): *Teoría y práctica de la investigación cualitativa*, Bilbao, Universidad de Deusto.

Soini, K. y Aakkula, J. J. (2007): «Framing the biodiversity of agricultural landscape: The essence of local conceptions and constructions», *Land Use Policy*, *24*(2), 311-321, doi: 10.1016/j.landusepol.2006.03.001.

Spash, C. L. y Hanley, N. (1995): «Preference, information and biodiversity preservation», *Ecological Economics*, *12*(3), 191-208, doi: 10.1016/0921-8009(94)00056-2.

Vătămănescu, E. M., Dabija, D. C., Gazzola, P., Cegarro-Navarro, J. G. y Buzzi, T. (2021): «Before and after the outbreak of Covid-19: Linking fashion companies' corporate social responsibility approach to consumers' demand for sustainable products», *Journal of Cleaner Production*, 321, 128945, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.128945.

Wezel, A., Chazoule, C. y Vallod, D. (2013): «Using biodiversity to valorise local food products: The case of fish ponds in a cultural landscape, their biodiversity, and carp production», *Aquaculture International*, *21*(6), 1395-1408, doi: 10.1007/s10499-013-9641-x.

WIDE-AREA VALIDATION OF A BIOLOGICAL CONTROL METHOD BASED ON SOIL APPLICATION OF THE ENTOMOPATHOGENIC FUNGUS *METARHIZIUM BRUNNEUM* FOR OLIVE FRUIT FLY CONTROL

Yousef-Yousef, Meelad. Unidad Entomología Agrícola. Departamento de Agronomía. Unidad de Excelencia María de Maeztu-DAUCO. ETSIAM. Universidad de Córdoba, Córdoba, España, z12yonam@uco.es.

Garrido-Jurado, Inmaculada. Unidad Entomología Agrícola. Departamento de Agronomía. Unidad de Excelencia María de Maeztu-DAUCO. ETSIAM. Universidad de Córdoba, Córdoba, España, g72gajui@uco.es.

Ruiz-Torres, Manuel. Laboratorio de Sanidad Vegetal, ParqueTecnológico GEOLIT, C/Sierra Morena, Manzana 12B,23620 Mengibar, Jaén, España, manuelj.ruiz.torres@juntadeandalucia.es.

Tudela, Antonio. Bioensayos y Experiencias Agrícolas S.L, 23001 Jaén, España, bioensayos.sl@gmail.com.

Ceppi, Valter. KOPPERT ESPAÑA S.L.U. COBRE 22, 04745 La Mojonera, Almería, España, vceppi@koppert.es.

Eduardo-Belda, Jose. KOPPERT ESPAÑA S.L.U. COBRE 22, 04745 La Mojonera, Almería, España, jbelda@koppert.es.

Quesada-Moraga, Enrique. Unidad Entomología Agrícola. Departamento de Agronomía. Unidad de Excelencia María de Maeztu-DAUCO. ETSIAM. Universidad de Córdoba, Córdoba, España, cr2qumoe@uco.es.

RESUMEN: El Grupo de Investigación AGR 163 "Entomología Agrícola" de la Universidad de Córdoba ha desarrollado un método eficaz y sostenible para el control de la mosca del olivo basado en aplicaciones al suelo debajo de la copa del árbol de una cepa autóctona del hongo entomopatógeno *M. brunneum* en otoño, dirigidas a los estados preimaginales del tefrítido. De esta manera se reduce la población de primavera entre un 50-70% en fincas experimentales de 4-5 ha en varias zonas de Andalucía y Cataluña. Sin embargo, la validación de la eficacia del método con el certificado de Buenas Prácticas Experimentales (BPE) para productos fitosanitarios en grandes extensiones de olivar es un paso clave para el registro comercial del hongo. En el presente trabajo, se ha evaluado el potencial del método en dos localidades de Jaén (sur de España) con un total de 50 hectáreas. Estos experimentos fueron apoyados por el proyecto "Agromis: ceiA3 instrumento estratégico hacia un tejido productivo Agroalimentario Moderno, Innovador y Sostenible: motor del territorio rural andaluz", la empresa Koppert Biological Systems B.V. y varias denominaciones de origen en coordinación con el Servicio de Sanidad Vegetal de Andalucía. Los resultados demostraron una alta eficacia de la cepa fúngica con un 90% de reducción de la emergencia de adultos de la mosca del olivo durante la primavera en la zona tratada en comparación con el control. Además, la dosis aplicada tuvo un efecto significativo en la eficacia del tratamiento, con reducciones de la población en primavera del 85% y 76% para 2.5 x 10^8 y 1.5 x 10^8 conidios por árbol respectivamente. Estos resultados validan la eficacia del método de control de la mosca del

olivo en grandes extensiones, optimizan la dosis a utilizar y proporcionan una base sólida para su registro comercial.

PALABRAS CLAVE: *Bactrocera oleae*, Tephritidae, control microbiano, sostenibilidad, Hongo patógeno de insectos.

ABSTRACT: Chemical insecticides have been extensively used for more than 60 years to control olive fruit fly *Bactrocera oleae* (Rossi) (Diptera: Tephritidae), the main worldwide biotic constraint for olive production. These chemicals are becoming scarce and do not fulfill the principles of agriculture sustainability. The Research Group AGR 163 "Agriculture Entomology"-University of Cordoba has developed an effective and sustainable biocontrol method for olive fly, based on soil treatments beneath the olive tree canopy with a strain of the entomopathogenic fungus *M. brunneum* targeting preimaginals in the soil, therefore reducing 50-70% the olive fly spring population when evaluated in several areas in Andalusia and Catalonia in random blocks of 1ha. However, wide-area validation of the efficacy with Good Experimental Practice (GEP) for phytosanitary products certificate is essential for the future commercial registration of the fungus. In this study we explored the potential of wide-area application of the fungus and the effect of the applied dose on the control efficacy. The study was conducted in two sites in Jaen (south Spain) with a total of 50ha. These experiments were supported by the project Agromis, Koppert Biological Systems B.V. and the olive crop sector (i.e. several olive virgin oil designations of origin) in coordination with Andalusian Regional Phytosanitary Service. The results demonstrated high efficacy of the fungal strain applied at wide-area level with 90% of reductions of olive fly emergence during spring in treated zone compared to control. Also, the applied dose had a significant effect on the treatment efficacy, with spring population reductions of 85% and 76% for 2.5 x 10^8 and 1.5 x 10^8 conidia per tree respectively. These results validate the efficacy of the olive fly control method at wide-area level, optimize the dose to be used and provide a solid basis for commercial registration.

KEYWORDS: *Bactrocera oleae*, Tephritidae, microbial control, sustainability, insect pathogenic fungus.

1. ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE EN EL CONTROL DE LA MOSCA DEL OLIVO

La mosca del olivo *Bactrocera oleae* (Rossi) (Diptera: Tephritidae) es el insecto fitófago que causa más daño al cultivo del olivo en todo el mundo, con daños tanto directos como indirectos. La larva de este insecto crece y se desarrolla dentro de la aceituna, donde se alimenta de su pulpa, disminuye su peso y cantidad de aceite, para causar una pérdida de cosecha que varía en función de la variedad y el nivel de ataque (Quesada-Moraga et al., 2018). Además, tanto la picadura de la hembra en la aceituna como las galerías formadas por la larva sirven de puerta de entrada a diversas

especies de microflora saprófita que originan reacciones que conllevan una merma en la calidad de los aceites y una pérdida de valor comercial para la aceituna de mesa (Malheiro et al., 2015). El control de este díptero, plaga clave del cultivo, que ha sido objeto de numerosas investigaciones (Yousef-Yousef, 2016), depende aún en gran medida del empleo de insecticidas químicos, cuyo uso abusivo y prolongado ha provocado la aparición de resistencia en las poblaciones de la mosca del olivo, además de un impacto negativo en el medio ambiente y la salud humana (Hladnik 2017). El control de este tefrítido es un desafío para el sector debido tanto al número decreciente de insecticidas químicos disponible como a la falta de eficacia de las otras alternativas disponibles (Yousef et al., 2013, Hladnik 2017).

El control biológico es considerado la alternativa más potente al control químico y es el método de control más fomentado y demandado en la legislación europea y nacional vigente. El control biológico para la mosca del olivo ha sido objeto de investigación por varios autores especialmente el control macrobiano, con parasitoides y depredadores, aunque los resultados no han sido satisfactorios hasta la fecha (Daane and Johnson 2010, Daane et al., 2015). Por otro lado, el uso de los microorganismos entomopatógenos como agentes de control biológico microbiano se posiciona en primera línea mundial para el desarrollo de alternativas de control eficaces y compatibles con otros métodos de control usados dentro de los programas de gestión integrada de plagas. Dentro de los microorganismos entomopatógenos, los hongos ascomicetos mitospóricos entomopatógenos (AME) se presentan como un grupo con gran potencial para el control de plagas de insectos debido a su mecanismo de acción tegumentaria por contacto (Quesada-Moraga et al., 2020). A esto conviene añadir el carácter multifuncional de estos hongos, capaces de establecer relaciones simbióticas con las plantas, como endófitos, para conferirles protección sistémica o inducción de resistencia que conduce a su mejor crecimiento respuesta frente a estreses bióticos y abióticos (Quesada-Moraga 2020).

El uso de los AME para el control de plagas de insectos del olivo ha sido objeto de estudio principal del grupo de investigación AGR 163 "Entomología Agrícola" de la Universidad de Córdoba dada la importancia económica, social y cultural de este cultivo en los países con clima mediterráneo. De hecho, el grupo ha desarrollado durante los últimos 15 años un nuevo método de control biológico de la mosca del olivo mediante aplicaciones al suelo de una cepa autóctona del hongo entomopatógeno *Metarhizium brunneum* que actualmente se encuentra en proceso de registro comercial por la multinacional Koppert Biological Systems B.V. (Yousef et al., 2017, 2018). Un paso más en la búsqueda de soluciones innovadoras adaptadas a los requisitos del Reglamento 2016/2031 de la UE sobre medidas de protección contra las plagas de los vegetales, en vigor desde el 14 de diciembre de 2019, es el presente trabajo, que pretende validar la eficacia en una zona extensa con el certificado de Buenas Prácticas Experimentales (BPE) para productos fitosanitarios que es esencial para el futuro registro comercial del hongo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Material fúngico utilizado

La cepa EAMa 01/58-Su del hongo entomopatógeno *M. brunneum* pertenece a la micoteca del Grupo de Investigación AGR-163 "Entomología Agrícola" del Departamento de Agronomía, Unidad de Excelencia María de Maetzu DAUCO, de la Universidad de Córdoba y ha sido depositada en la Colección Española de Cultivos Tipo con el número de acceso CECT 20764. Esta cepa, procedente de un suelo de cultivo de trigo en la provincia de Córdoba, se conserva liofilizada a -80°C para favorecer su conservación a largo plazo. La producción en masa y la formulación de los productos experimentales se realizó en las instalaciones que la empresa Koppert Biological Systems B.V. posee en Brasil proporcionando un producto comercial con una concentración de $1*10^8$ conidios viables por gramo.

2.1. Diseño experimental

Se realizaron dos ensayos según la certificación BPE, el primero con el objetivo de estudiar el efecto de la dosis aplicada al suelo sobre la eficacia de control y el segundo es un ensayo en un área extensa para la validación del método.

En la Tabla 1 se resumen las características de las fincas experimentales de ambos ensayos.

Tabla 1. Características de las fincas usadas en el estudio.

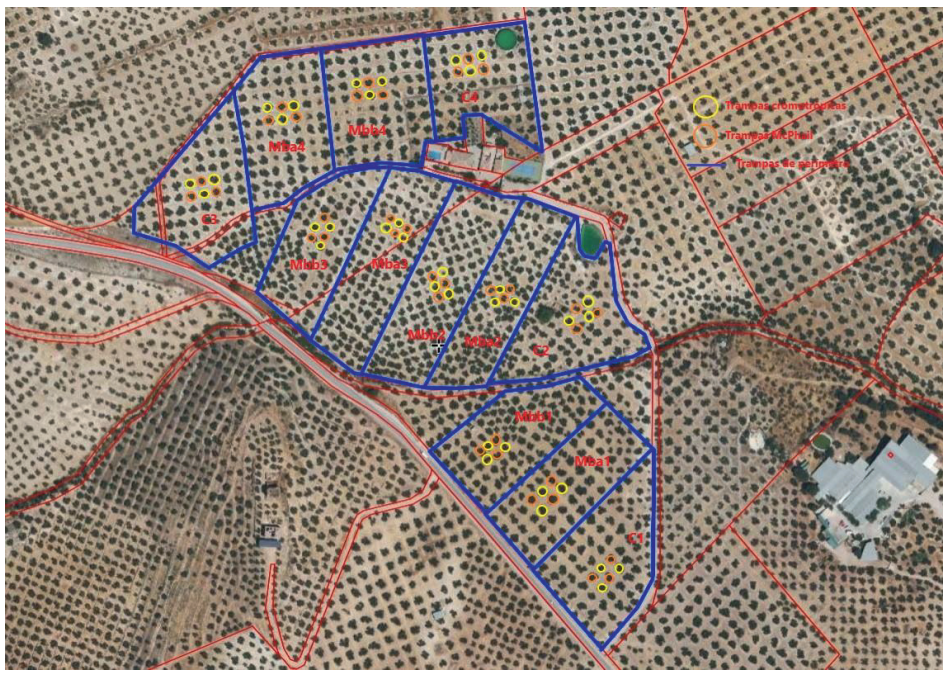
Tipo de ensayo	*Localidad*	*Coordenadas*	*Superficie (ha)*	*Variedad*	*Edad de árboles (años)*	*Marco de plantación (m)*
Dosis	Fuensanta de Martos	X: 416799.42 Y: 4168712.49	12	Picual	150-200	10*10
Área amplia	Mogón	X: 498579.46 Y: 4212426.42	80	Picual	150-200	10*10

Fuente: elaboración propia

Para el ensayo de dosis, se dividió la finca en 12 parcelas de 1 ha cada una (100 árboles) donde se realizaron tres tratamientos con 4 replicas cada uno (Figura 1). El primer tratamiento consistió en 2.5 g del formulado por árbol (250 g/ha), el segundo 1.5 g por árbol (150 g/ha) y el tercero un control sin aplicación de hongo. Se realizó una aplicación anual al suelo bajo la copa de árbol, en coincidencia con la caída de larvas de *B. oleae* al suelo para pupar bajo la copa del árbol en octubre. La aplicación del hongo se realizó con un Quad equipado con barra de herbicida con la cual se pulverizó una suspensión del hongo de 150 litros/ha.

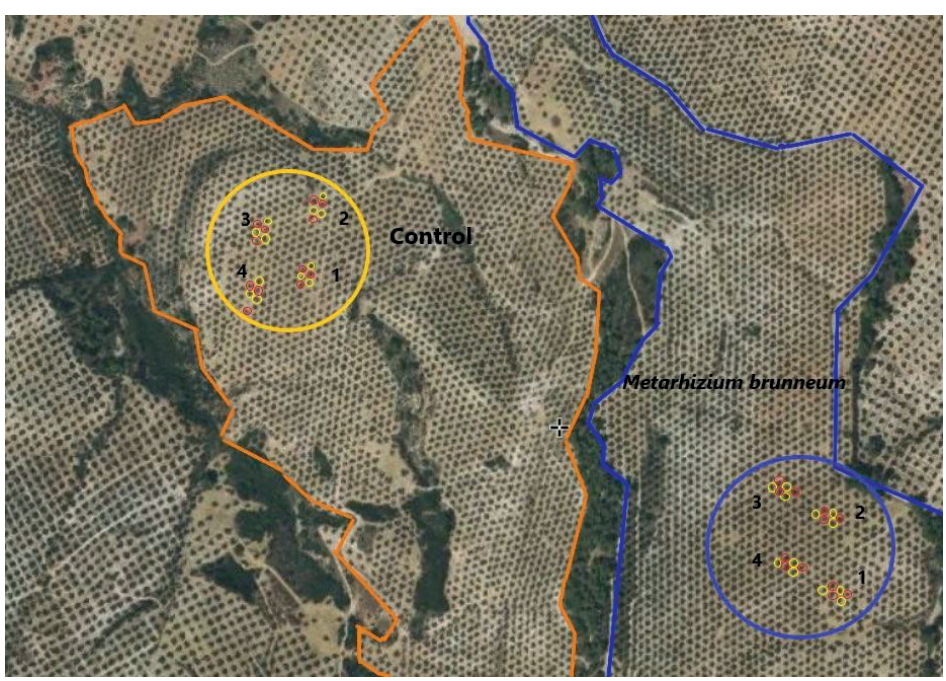
Para el ensayo de amplia extensión se dividió la finca en dos parcelas de 40 ha, una tratada con el hongo y la otra a modo de control sin tratar (Figura 2). El tratamiento se realizó siguiendo la misma metodología descrita anteriormente y con la dosis de 2.5 g/árbol.

Figura 1. Diseño experimental del ensayo de dosis



Fuente: visor SigPac y elaboración propia.

Figura 2. Diseño experimental del ensayo en un área extensa



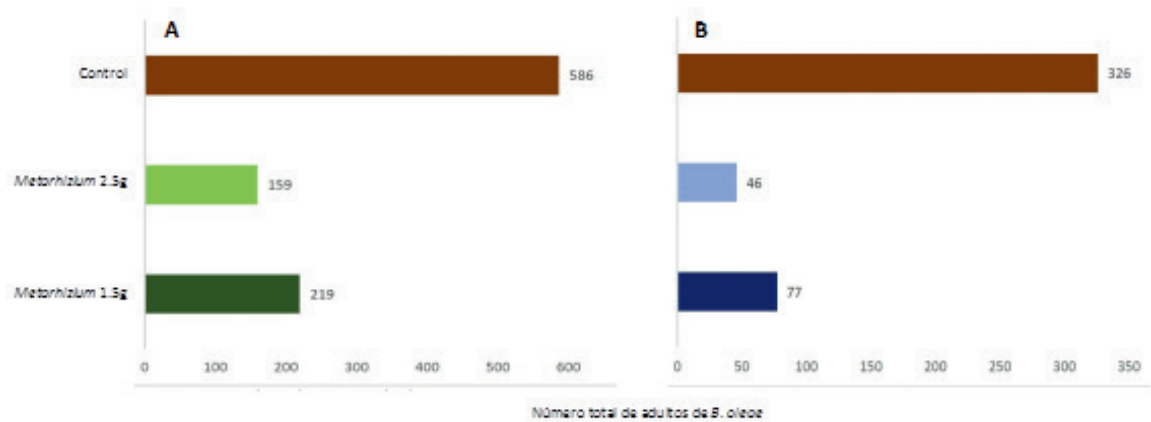
Fuente: visor SigPac y elaboración propia.

Después de tratamiento se valuó el efecto de la aplicación fúngica sobre la población de *B. oleae* que emergió del suelo en primavera (desde marzo hasta mayo) mediante conteos semanales del numero de adultos capturados en los dos tipos de trampas usadas para este fin (trampas Mcphail y trampas amarillas).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El producto experimental a base de conidios de la cepa EAMa 01/58-Su *M. brunneum* aplicado al suelo en dos dosis tuvo un efecto significativo sobre la población de la mosca del olivo emergente del suelo durante primavera en ambas dosis comparado con el control. Sin embargo, la dosis 2.5 g/árbol fue la que más reducción ha causado en la emergencia de adultos de la mosca en primavera. Existió una reducción del 70-90% en las capturas totales (trampas McPahil y cormotrópicas) de adultos de *B. oleae* en parcelas tratadas con respecto al control (Figura 3).

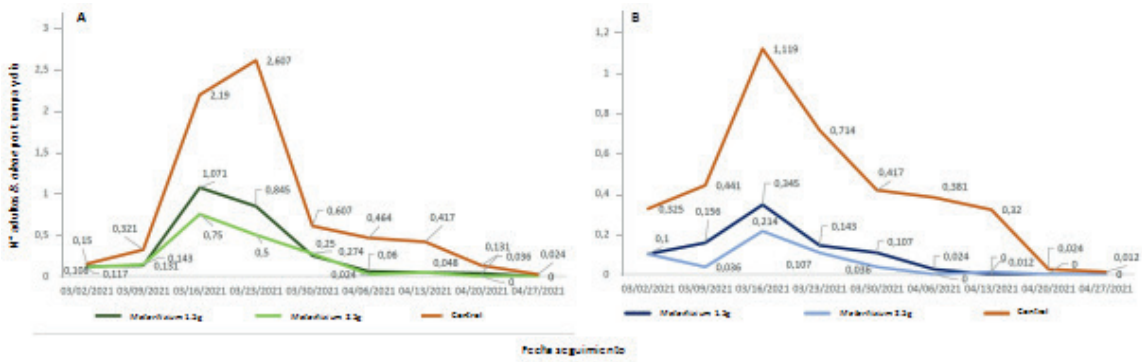
Figura 3. Capturas totales de adultos de *B. oleae* emergentes del suelo en primavera en parcelas tratadas con dos dosis la cepa EAMa 01/58-Su de *M. brunneum* y control. A. capturas en trampas McPhail, B. capturas en trampas cromotrópicas



Fuente: elaboración propia.

La reducción en la población de la mosca del olivo emergente del suelo fue significativa durante todo el periodo de seguimiento en la dosis 2.5 g/árbol con capturas máximas de 0.7 y 0.2 adultos por trampa y día en trampas McPhail y cromotrópicas, respectivamente mientras que fue de 2.6 y 1.1 adultos por trampa y día en el control en trampas McPhail y cromotrópicas, respectivamente (Figura 4).

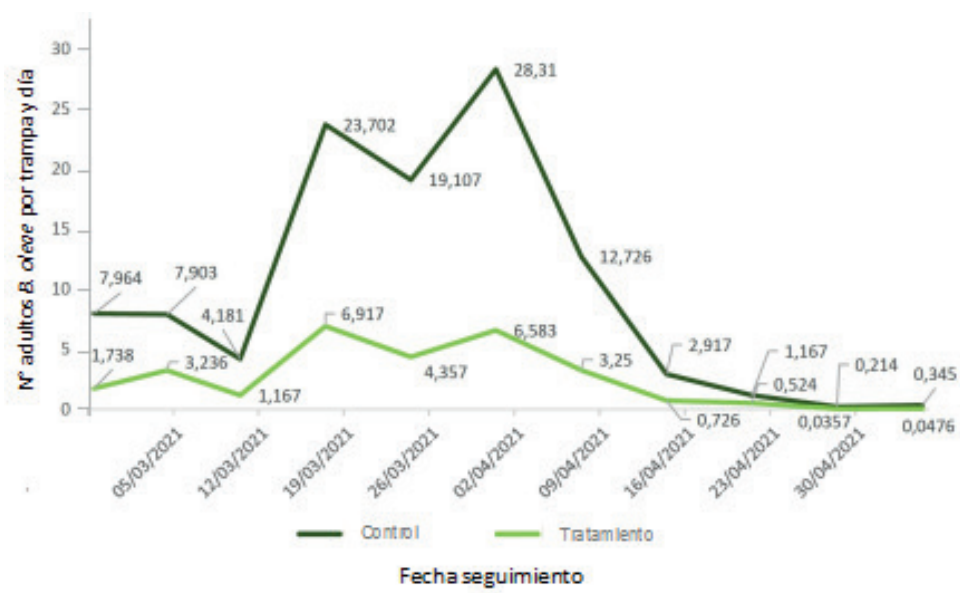
Figura 4. Densidad de la población de *B. oleae* en fincas tratadas y control tras la aplicación de dos dosis de la cepa EAMa 01/58-Su de *M. brunneum* en el suelo bajo la copa del árbol. A. capturas en trampas McPhail, B. capturas en trampas cromotrópicas.



Fuente: elaboración propia

Por otro lado, la aplicación en amplia extensión de la cepa EAMa 01/58-Su de *M. brunneum* al suelo con la dosis de 2.5 g/árbol causó una reducción significativa de la población de adultos de la mosca del olivo emergentes del suelo durante primavera. Las capturas máximas de adultos de *B. oleae* en la finca tratada fueron de 6.5 adultos por trampa y día frente a 28.3 adultos por trampa y día en la finca control causando así una reducción del 80% en la población de la mosca del olivo (Figura 5).

Figura 5. Densidad de la población de *B. oleae* en la zona tratada y control tras la aplicación en amplia extensión de la cepa EAMa 01/58-Su de *M. brunneum* en el suelo bajo la copa del árbol con la dosis de 2.5 g/árbol. La figura representa la suma de las capturas en trampas McPhail y trampas cromotrópicas en las parcelas tratada y control.



Fuente: elaboración propia

La necesidad de una alternativa para el control de la mosca del olivo es evidente debido a las pocas sustancias de síntesis autorizadas para este fin y a la pérdida de eficacia de la mayoría de estas frente a la mosca del olivo. A esto se añade el claro efecto negativo de los químicos en la fauna auxiliar y la salud humana. A su vez, el desarrollo de una nueva herramienta de control que sea eficaz, viable económicamente y respetuosa con medio ambiente es una tarea que conlleva años de investigación, desarrollo y registro comercial. Esta ha sido la meta del grupo de investigación AGR 163 "Entomología Agrícola" de la Universidad de Córdoba desde su inicio debido a la importancia del este cultivo para el bien estar de la sociedad mediterránea y española en particular. Desde el aislamiento de la cepa y su caracterización hasta su aplicación en el campo para demostración de eficacia han pasado más de 15 años. Actualmente, la cepa se encuentra en proceso de registro comercial por lo que hacen falta ensayos de eficacia con certificación de BPE a gran escala entre otros, para poder registrar la cepa a nivel europeo. El presente trabajo pone de manifiesto la eficacia de las aplicaciones al suelo con la cepa EAMa 01/58-Su de *M. brunneum* en otoño dirigidas a las larvas de tercera edad de la mosca del olivo que abandonan las aceitunas y se dirigen al suelo para hibernar. Además, establece la dosis de aplicación a nivel práctico usando el producto formulado en proceso de registro comercial. Estos resultados confirman nuestros resultados anteriores (Yousef et al., 2017, 2018) con una eficacia incluso superior, posiblemente debido por una parte a la formulación del producto, y por otro a la dosis aplicada, dado que en nuestros trabajos anteriores se aplicaban los conidios del hongo producido en el laboratorio sin formulación y la dosis de aplicación fue de 1 g/árbol comparado con 1.5 y 2.5 g/árbol en este estudio. El presente estudio, que incluye ensayos con certificación BPE, es un paso imprescindible para el registro oficial del producto y supone un paso importante hacia la puesta en mercado de un método de control para la mosca del olivo en un momento clave en el que la unión europea se encuentra en pleno proceso de transformación legislativa hacia un pacto verde y una agricultura sostenible.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MAPA (2022): Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Registro de productos fitosanitarios.<https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/registro/productos/forexi.asp?e=0&plagEfecto=684> (consulta 08/03/2022).

Malheiro, R., Casal, S., Baptista, P., Pereira, J. A. (2015): «A review of *Bactrocera oleae* (Rossi) impact in olive products: From the tree to the table», *Trends in Food Science & Technology*, 44, 226-242.

Yousef, M. (2016): *Los hongos entomopatógenos y sus extractos en el control de la mosca del olivo Bactrocera oleae (Diptera: Tephritidae)*. Tesis Doctoral dirigida por el Dr. Enrique Quesada Moraga, Córdoba, Universidad de Córdoba, Repositorio Repositorio Institucional de la Universidad de Córdoba (Helvia). < https://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/13841> (consulta: 05/4/2022).

Hladnik, M. (2017): «A review of plant protection against the olive fly (*Bactrocera oleae* (Rossi, 1790) Gmelin) and molecular methods to monitor the insecticide resistance alleles», *Acta agriculturae Slovenica*, 109, 135-146.

Daane, K. M., Johnson, M. W. (2010): «Olive Fruit Fly: Managing an Ancient Pest in Modern Times», *Annual review of entomology*, 55(1), 151-169.

Daane, K. M., Wang, X., Nieto, D. J., Pickett, C. H., Hoelmer, K. A., Blanchet, A., Johnson, M. W. (2015): «Classic biological control of olive fruit fly in California, USA: release and recovery of introduced parasitoids», *BioControl*, 60(3), 317-330.

Quesada-Moraga, E. (2020): «Entomopathogenic fungi as endophytes: their broader contribution to IPM and crop production», *Biocontrol Science and Technology*, 30, 864-877.

Quesada-Moraga, E., Yousef-Naef, M., Garrido-Jurado, I. (2020): «Advances in the use of entomopathogenic fungi as biopesticides in suppressing crop pests», en Birch N & Glare T (eds.) *Biopesticides for sustainable agriculture, vol. 5,* Cambridge, UK, Burleigh Dodds Science, https://doi.org/10.19103/AS

Yousef, M., Alba–Ramírez, C., Garrido–Jurado, I., Mateu, J., Raya–Díaz, S., Valverde–García, P., Quesada–Moraga, E. (2018): «*Metarhizium brunneum* (Ascomycota; Hypocreales) treatments targeting olive fly in the soil for sustainable crop production», *Frontiers in Plant Science*, Volume 9, Article 1.

Yousef, M., Garrido–Jurado, I., Ruíz–Torres, M., Quesada–Moraga, E. (2017): «Reduction of adult olive fruit fly populations by targeting preimaginals in the soil with the entomopathogenic fungus *Metarhizium brunneum*», *Journal of Pest Science*, 90, 345-354.

RECOLECCIÓN DEL OLIVAR TRADICIONAL MEDIANTE COSECHADORAS BASADAS EN SACUDIDORES DE COPA

Rafael R. Sola-Guirado, Antonio Serrano-Corral, Gregorio Blanco-Roldán;
Sergio Bayano-Tejero, Francisco Márquez-García; Jesús Gil-Ribes*
R.G. AGR 126 "Mechanization and Rural Technology". Spain
* gilribes@uco.es

RESUMEN: Se ha adaptado un prototipo de cosechadora de sacudida de copa denominada UCO-Maqtec preparado para la recolección mecánica de olivar tradicional procedente del proyecto CPP Mecaolivar. Se le han realizado una serie de modificaciones y mejoras tales como el reacondicionamiento de los distintos palpadores de medición (copa, suelo y tronco) y la incorporación de nuevas tecnologías TIC´s que permiten registrar el tracking de la máquina y generar mapas de cosechas para monitorizar el rendimiento del cultivo en una plataforma web. Se han realizado unos ensayos en olivar tradicional en la localidad de Aguilar de la Frontera (Córdoba) en plantaciones con olivos de varios pies y un marco de 12 x 12. La metodología del ensayo consistió en rodear cada olivo y posteriormente pesar la cantidad de aceituna recolectada, proyectada y no derribaba determinando así la eficacia de derribo e interceptación. Por otro lado, con el objetivo de realizar una comparativa en cuanto a la eficacia de derribo y daños provocados, se han realizado ensayos en olivar intensivo en la localidad de Priego de Córdoba (Córdoba) con plantaciones de un solo pie con un marco de 8 x 8. En este caso, la forma de trabajo de la cosechadora no es rodear el olivo sino recoger de forma continua las filas de olivos. Los porcentajes de aceituna recolectada en olivar tradicional han sido del 86 % frente al 82% en intensivo debido principalmente a que la máquina fue diseñada para olivar tradicional. Los daños provocados han sido muy similares en ambas plantaciones, destacando pequeñas cizalladuras y algunas ramas rotas, siendo daños comunes en la recolección mecanizada. Estos daños han sido mayores debido a la inexistencia de una poda previa adaptada a la máquina. También se ha realizado un estudio de tiempos con el objetivo de determinar la capacidad de trabajo de la cosechadora en olivar tradicional y poder compararlo con otros métodos de recolección mecanizada más usuales como pueden ser los vibradores de troncos con cuadrillas de trabajadores de apoyo, siendo estos últimos un 8% más eficaces. A pesar de ello, requieren una dependencia mayor de mano de obra a diferencia de un solo maquinista en el prototipo UCO-Maqtec, lo que supone una reducción de costes de 0,01 €/kg en plantaciones tradicionales. Tras los estudios realizados, se ha observado que la recolección mecanizada mediante cosechadoras basadas en sacudidores de copa es una alternativa viable en cuanto a eficacia de derribo y capacidad de trabajo frente a los métodos de recolección actuales y que además solventa el problema actual de la escasez de mano de obra en el campo, especialmente si los olivos se adaptan a estas máquinas mediante la poda.

PALABRAS CLAVE: recolección mecanizada, tracking, mapas de cosecha, agricultura digital

INTRODUCCIÓN

El olivar es una de las plantaciones frutales más cultivadas de la región mediterránea, considerado la principal fuente de ingresos y empleo en esta zona y ha desempeñado un papel socioeconómico y cultural de gran importancia. Concretamente, España es el país del mundo con un mayor patrimonio oleícola con aproximadamente 2.751.255 hectáreas, de las cuales 1.662.801 (el 60,4%) pertenecen a Andalucía (MAPA, 2020).El sistema de cultivo más extendido es el olivar tradicional que representa el 71% del español, siguiéndole el olivar intensivo con un 26%. Las plantaciones tradicionales tienen una fuerte dependencia de la mano de obra debido a que está formado por árboles grandes e irregulares difíciles de recolectar mecánicamente, lo que incrementa sus costes de producción frente a otros tipos de cultivos con sistemas de mecanización integrales implantados. Además, en los últimos años, la creciente implantación de plantaciones de superintensivo o seto, mucho más competitivas por su grado de mecanización, a pesar de suponer solo un 3% del olivar español (AEMO, 2020), hace más latente la necesidad de introducir mecanización en estos olivares

Desde hace décadas, el grupo AGR-126 de la Universidad de Córdoba ha dedicado una gran parte de su investigación a estudiar y evaluar distintos sistemas de recolección mecanizada diseñados para plantaciones de olivar tradicional e intensivo. De esta forma ha participado en proyectos en colaboración con empresas pensados para tecnificar este tipo de plantaciones, entre los que destacan el convenio de Compra Precomercial Mecaolivar (R. R. Sola-Guirado et al., 2018)while keeping final product quality. This sector is remarkably important in several regions of the Mediterranean basin, and it requires further mechanization, especially for integrated harvesting. Within pre-commercial procurement Mecaolivar, the University of Cordoba, together with machinery manufacturers and olive growers, has developed new prototypes for olive harvesting, spraying and weed control. Regarding integrated harvesting prototypes, two canopy shaker harvesters were developed for multi-trunk traditional olive orchards, while two harvesters based on trunk shaking were developed for intensive olive orchards. The first field tests showed promising results. Harvesting efficiency for canopy shakers varied from 81 to 91%, with low debris generation. The harvesters incorporate ICT technologies such as remote monitoring, systems automation or fruit weighing in real time. However, during the tests, some flaws were detected; thus, improvements should be included in the prototypes in order to produce commercial harvesters. Trees were also trained to increase harvest efficiency, although this process will need a long period of time to provide commercial results. Finally, PCP Mecaolivar shows how synergies between researchers, the agricultural machinery industry and farmers should lead the innovationprocessinthemodernolivegrowingsector.”,”author”:[{“dropping-particle”:””,”family”:”Sola-Guirado”,”given”:”R.R.”,”non-dropping-particle”:””,”parse-names”:false,”suffix”:””},{“dropping-particle”:””,”family”:”Castillo-Ruiz”,”given”:”F.J.”,”non-dropping-particle”:””,”parse-names”:false,”suffix”:””},{“dropping-particle”:””,”family”:”Blanco-Roldán”,”given”:”G.L.”,”non-dropping-particle”:””,”parse-names”:false,”suffix”:””},{“dropping-particle”:””,”family”:”Castro-García”,”given”:”S.”,”non-dropping-particle”:””,”parse-names”:false,”suffix”:””},{“dropping-particle”:””,”family”:”Colmenero”,”given”:”J. T.”,”non-dropping-particle”:””,”parse-names”:false,”suffix”:””},{“dropping-

particle":"","family":"Gil-Ribes","given":"J.A.","non-dropping-particle":"","parse-names":false,"suffix":""}],"container-title":"Acta Horticulturae","id":"ITEM-1","issued":{"date-parts":[["2018"]]},"page":"321-326","title":"Mecaolivar outcomes: Testing newly developed harvesters in traditional and intensive olive orchards","type":"article-journal","volume":"1199"},"uris":["http://www.mendeley.com/documents/?uuid=7b81ee33-04fb-4b0d-b5fc-154865173341"]}],"mendeley":{"formattedCitation":"(R. R. Sola-Guirado et al., 2018 y el actual convenio de Compra Publica Precomercial Innolivar (Gil Ribes et al., 2020).También han hecho un importante esfuerzo en la readaptación de maquinaria agrícola convencional introduciendo innovaciones encaminadas a mejorar la capacidad de trabajo y la automatización de las máquinas (Colmenero-Martinez et al., 2018), (Bayano-Tejero et al., 2019).

De este modo, en esta línea de trabajo se ha propuesto dar solución a los problemas relacionados con la escasez de mano de obra en el campo y a los costes de producción elevados relacionados con la recolección en plantaciones tradicionales. Para ello, en el seno del proyecto singular AGROMIS, se ha adaptado y mejorado un prototipo de cosechadora integral desarrollada por la Universidad de Córdoba y la empresa Maqtec y se han realizado varios ensayos para evaluar la viabilidad técnica y económica de la misma.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

El prototipo empleado ha sido la cosechadora con sacudidor de copa lateral UCO-Maqtec, desarrollada en seno del Programa Precomercial Mecaolivar, proyecto que sirvió para impulsar la competitividad del sector olivarero a través de la innovación empresarial. Se trata de una máquina arrastrada mediante tractor que cuenta con varios sistemas sincronizados de derribo, recepción, manejo, limpieza y almacenamiento del fruto mejorados algunos de ellos para este proyecto y que permiten garantizar una recolección integral. El sistema de derribo es el encargado de derribar el fruto gracias a la vibración generada por varios módulos sacudidores dispuestos en un eje vertical con discos sobre el que se disponen varas poliméricas distribuidas de forma radial. Estos módulos sacudidores van montados sobre un mecanismo que permite su desplazamiento longitudinal para ir adaptándose a las copas de los árboles. Además, el prototipo cuenta con una plataforma de interceptación del fruto derribado, al que se le ha acoplado un sistema de escamas para recoger el máximo fruto posible. También, en los laterales de esta plataforma se le ha incorporado una serie de lonetas flexibles para evitar proyecciones de la aceituna durante el derribo. El fruto interceptado es conducido mediante una cinta transportadora hacia una despalilladora que permite separar las pequeñas ramas del fruto. El fruto parcialmente limpio cae en una noria de cangilones que lo eleva hasta una posición favorable para una adecuada descarga sobre un recipiente tipo big bag. En la parte superior del elevador de cangilones incorpora una sopladora que separa las hojas del fruto, limpiándolo completamente (figura 1).



Figura 1. Distintos sistemas de la cosechadora integral UCO-Maqtec: derribo, recepción, manejo, limpieza, pesado y almacenamiento del fruto

Para cumplir con los objetivos establecidos para el proyecto AgroMIS, se han incorporado una serie de mejoras necesarias para mejorar el prototipo diseñado inicialmente en el proyecto Mecaolivar:

- **Inclusión de varios automatismos para adaptación de copa, terreno y tronco**

Se le han incorporado al prototipo tres sensores de detección, concretamente, un palpador de copa colocado en una posición estratégica dentro del sistema de sacudida. Dependiendo del valor del palpador, se desplazará o no el sistema de sacudida, para copiar la copa intentando asegurar una correcta adaptación a la copa. Un palpador de troncos que permite monitorizar en todo momento a que distancia se encuentra la máquina del tronco para evitar colisiones indebidas. Por último, un palpador de suelo gracias al cual es posible conocer la inclinación de la máquina respecto del terreno y, de esta forma, corregirla para garantizar una nivelación adecuada. En consecuencia, estos palpadores ayudan al maquinista a que el proceso de recolección sea sencillo y cómodo.

- **Reprogramación del sistema de control, diseño de mando de control móvil e incorporación de cámaras de visualización**

Al incluir nuevos sensores de detección de copa, troncos y suelo se tuvo que reprogramar los autómatas de control para que la información enviada por estos sensores sirviera para poder monitorizar variables de interés para el conductor o mover determinados actuadores, por ejemplo, cuando el sensor de copa llega hasta un determinado ángulo, se activa un cilindro que permite recoger el sistema de sacudida para no dañar el árbol. Para controlar todos los movimientos de esta máquina se diseñó un mando de control móvil, que permite ser utilizado tanto por un operario fuera del tractor como por el tractorista dentro de la cabina mientras está cosechando. Este mando permite controlar todos los movimientos de la máquina (sacar el sistema de sacudida en modo manual, controlar la lanza de la cosechadora que permite realizar un determinado giro para ajustarla a un olivo cuando se trabaja rodeándolo, la inclinación de la máquina, etc.). También, se

le han incorporado una serie de cámaras en determinados puntos estratégicos del prototipo para que el operario trabaje de una manera más cómoda y sencilla.

- **Rediseño del sistema de manejo y limpieza del fruto**

También, durante el proyecto Mecaolivar, se desarrolló un determinado sistema de manejo del fruto que conducía el mismo hasta la tolva de almacenamiento, pasando primero por dos cintas transportadoras dispuestas en paralelo que vertían la aceituna a una cinta general. Esta se encargaba de seguir conduciendo la aceituna hasta una despalilladora donde se separaban las ramas del fruto, que seguía su curso hasta otra cinta elevadora. En esta la aceituna era elevada hasta una cierta altura adecuada para para su posterior descarga. En la parte final de la cinta elevadora había colocada una sopladora que separaba las hojas del fruto antes de su descarga. Para este proyecto, se ha rediseñado y mejorado todo el sistema de manejo y limpieza del fruto. En primer lugar, se cambió de posición la cinta principal colocándola en la parte central de la máquina y se invirtió el sentido de giro de las cintas paralelas para la descarga sobre ésta. También, se cambió la posición de la despalilladora, manteniéndose al igual que antes anexa a la cinta principal. Además, se diseñó y fabricó un nuevo sistema elevador de cangilones que sustituye a la cinta elevadora solventando el atascamiento de aceituna que se producía en ella. La incorporación de este sistema de elevación por cangilones permitirá que la máquina no solo trabaje en olivar sino también en otros frutales como podrían ser los cítricos, en los que se ha probado con éxito con unos mínimos cambios.

- **Creación e incorporación de un monitor de cosecha en tiempo real**

Este prototipo contaba con un sistema de pesaje basado en células de carga dispuestas en ménsula. Asimismo, se le ha incorporado un módulo IoT GNSS con módem 4G y conexión con el sistema de pesaje permitiendo registrar y enviar a un servidor la ruta que ha seguido la máquina en la finca de trabajo y generar mapas de cosecha. Toda esta información se puede visualizar en una plataforma web en tiempo real.

- **Rediseño de las varas poliméricas de sacudida**

Se han rediseñado las varas poliméricas encargas del derribo del fruto con la intención de minimizar los daños en las ramas del árbol, ya que durante los ensayos se observó como las varas con un corte recto provocaban daños muy superiores a las redondeadas.

- **Sustitución de antiguas conducciones hidráulicas**

Debido al deterioro de algunas conducciones hidráulicas, se sustituyeron algunos de los latiguillos necesarios para el correcto funcionamiento de los actuadores hidráulicos.

- **Mejoras en el sistema de interceptación del fruto**

Se le han incorporado lonetas en todo el sistema de interceptación para evitar las pérdidas del fruto por aquellos huecos que tenía el prototipo en su bandeja de recepción.



Figura 2. Principales mejoras realizadas al prototipo

Ensayos en campo

Se han realizado varios ensayos durante la campaña de aceite en las localidades de Aguilar de la Frontera (Córdoba) y Priego de Córdoba (Córdoba). La parcela de Aguilar de la Frontera es una plantación de olivar tradicional de varios pies, mientras que la finca de Priego de Córdoba es una plantación intensiva de un solo pie. En la tabla 1, se muestran algunas características de las parcelas de ensayo donde se puede apreciar una comparativa entre ambas. Además de las características principales, se adjuntan algunas fotografías de las distintas plantaciones donde ha operado la cosechadora (figura 3). Para la medición de la altura, volumen de copa y bajeras de los árboles ensayados se ha utilizado la app que utiliza tecnologías de realidad aumentada desarrollada por el grupo operativo regional DOSAOLIVAR también del ceiA3. Se han seleccionado en ambas parcelas aquellos árboles que pueden tener una poda adecuada para este prototipo y cuentan con una suficiente cantidad de fruto para poder realizar el ensayo.

Tabla 1. Características principales de las parcelas de ensayo

	Parcela Aguilar de la Frontera	Parcela Priego de Córdoba
Plantación	Olivar Tradicional	Olivar Intensivo
Ubicación	37°27’34.4”N - 4°39’49.52”W	37°26’35.5”N -4°14’49.5”W
Secano/Regadío	Secano	Secano
Pendiente (%)	2-5%	2-5%
Marco de plantación (m)	8x8	12x12 y 14x12
Variedad	Hojiblanca	Hojiblanca y Picual
Altura de los árboles (m)	4,17	3,87
Volumen de copa estimado (m^3)	460	223
Altura de las bajeras (m)	0,31	0,23



Figura 3. Plantación de olivar tradicional en Aguilar de la Frontera (Córdoba) (izquierda) y plantación de olivar intensivo en Priego de Córdoba (Córdoba) (derecha)

El modo de recolección de la cosechadora UCO-Maqtec es distinto para la plantación de olivar tradicional que para la de olivar intensivo. En olivar tradicional la cosechadora va rodeando el olivo hasta que le da una vuelta completa y continua hacia el siguiente, ya que se trata de árboles bastantes grandes y con varios pies (figura 4). Por otro lado, en olivar intensivo la forma de trabajo es distinta. La cosechadora trabaja de forma continua a través de la hilera recolectando la mitad del olivo hasta que llega a una cabecera de la finca donde cambia de sentido y cosecha la otra cara del árbol (figura 4).



Figura 4.Método de recolección rodeando al olivo en plantación tradicional en Aguilar de la Frontera (izquierda) y cosechadora trabajando en continuo en plantación intensiva en Priego de Córdoba (derecha)

Antes de empezar con el proceso de recolección, se han colocado una serie de fardos para poder cuantificar la cantidad de fruto no interceptado y proyectado por la máquina. También los fardos servirán para cuantificar la aceituna no derribada apurando los árboles mediante recolección

con herramientas manuales. Una vez que la cosechadora terminó sus labores de recolección, se comprobaron los datos del peso registrados por el sistema de pesaje de la cosechadora, además de pesar mediante una báscula móvil el fruto no interceptado, proyectado y no derribado recogido en los fardos colocados durante el ensayo. La cuantificación de los pesos del fruto ha permitido sacar porcentajes de derribo e interceptación de la cosechadora en ambas plantaciones. Posteriormente, se realizó una inspección visual detallada de los daños que había provocado la máquina sobre los árboles ensayados para un posterior análisis de estos y poder hacer una discusión sobre los mismos comparándolos con los daños provocados por otros sistemas de recolección.

Finalmente, se han medido tiempos del proceso de recolección en ambas plantaciones con el objetivo de obtener las capacidades de trabajo, así como realizar la comparación con otros sistemas de recolección mecanizada utilizados actualmente.

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tras el análisis de los datos de derribo adquiridos en los ensayos de campo, el porcentaje de derribo ha sido del 86,32% en olivar tradicional y un 81,76% en olivar intensivo. Paralelamente a los ensayos se analizó el porcentaje de derribo de un método de recolección mecanizada actualmente utilizado, concretamente, un vibrador de troncos trabajando en una plantación de intensivo junto a una cuadrilla de apoyo, donde se alcanzaron porcentajes del 93,84 % (figura 5) (Paz et al., 2013).

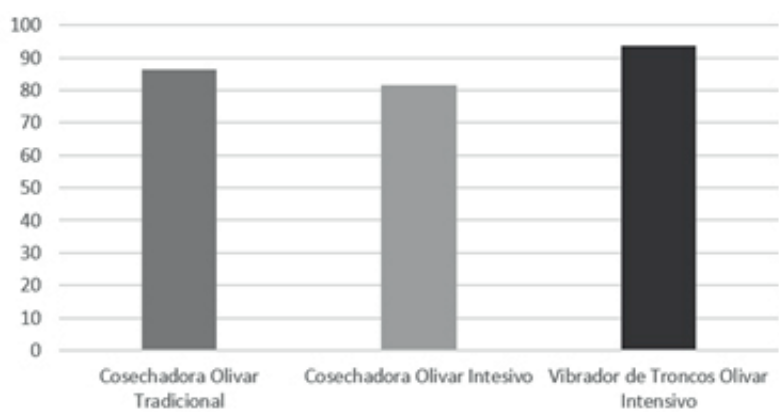


Figura 5.Comparación de porcentajes de derribo de la cosechadora integral en olivar tradicional e intensivo con vibrador de troncos en olivar tradicional

Asimismo, no toda la aceituna derriba es interceptada, sino que parte de ella es proyectada o no interceptada. De este modo, el porcentaje de fruto interceptado ha sido del 82,47% en olivar tradicional y un 78,24% en olivar intensivo (figura 6).

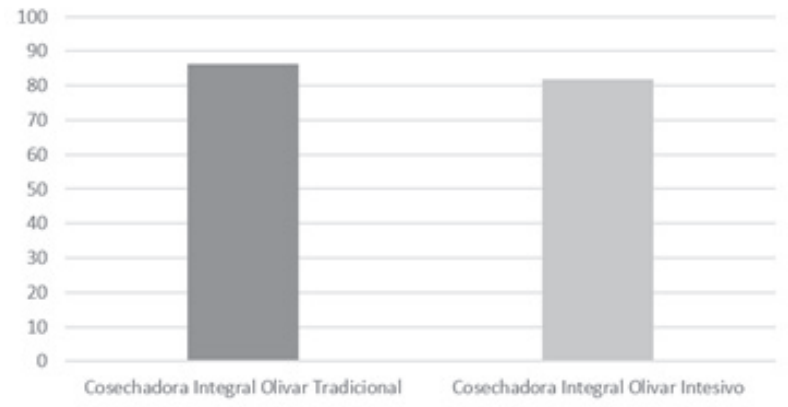


Figura 6. Porcentajes de interceptación de cosechadora integral en olivar tradicional e intensivo

Se ha realizado un estudio comparativo de la capacidad de trabajo de la cosechadora integral y un vibrador de troncos con cuadrilla de apoyo en la plantación de ensayo con un marco intensivo de 8x8 (156 árboles/h) en la localidad de Priego de Córdoba. En la tabla 2, se muestra el tiempo por árbol y la capacidad de trabajo de ambos métodos de recolección en olivar intensivo. Se ha obtenido una capacidad de trabajo del 30% superior en la recolección con vibrador de troncos con cuadrilla de apoyo frente a la cosechadora de copa lateral. En olivar tradicional la capacidad de trabajo de la cosechadora fue de 0,22 ha/h (256 s/árbol) a una velocidad de 1 km/h (Cicek et al., 2010). No se ha realizado un ensayo comparativo en olivar tradicional por falta de tiempo, ya que los ensayos dependen de la campaña de recolección. El seguimiento realizado a la máquina en su trabajo en olivar tradicional se muestra en la figura 7.

Tabla 2. Estudio comparativo del tiempo por árbol y capacidad de trabajo de la cosechadora integral y el vibrador de troncos con cuadrilla de apoyo en olivar intensivo con marco de 8x8

	Tiempo por árbol (s/árbol) [1, 2]				Capacidad de trabajo (ha/h)
Cosechadora Integral a velocidad de 1 km/h	Primera cara del árbol	73	146		0,16
	Segunda cara del árbol	73			
Vibrador de troncos con cuadrilla de apoyo	Colocación de fardos		18	108	0,21
	Vibración con tractor		6		
	Vibración con peines		18		
	Adecuación de fardos		20		
	Recogida de fardos		46		

1. El tiempo por árbol es el tiempo que se tarda en recolectar un árbol y avanzar hasta el siguiente. No se ha tenido en cuenta los tiempos muertos del personal ni las pérdidas de tiempo de giros en las cabeceras. 2. La carga media de los árboles recolectados fue de 15 kg/árbol.

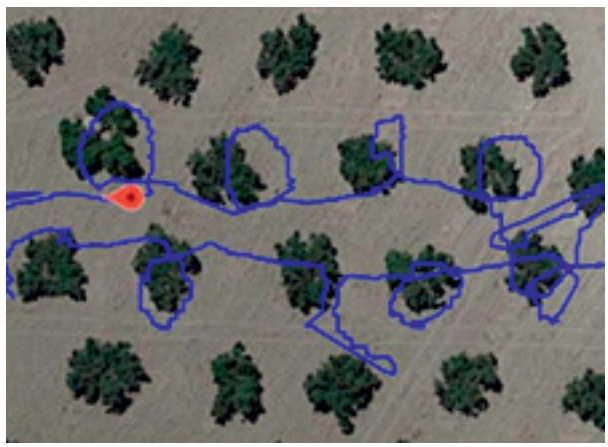


Figura 7. Ruta registrada mediante GPS en olivar tradicional

El coste por kilogramo es uno de los costes más utilizados en recolección de aceituna junto al coste por superficie. En la tabla 3, se presenta el coste medio por kilogramo de distintas plantaciones tradicionales utilizando el vibrador de troncos con vareo complementario y recogida con fardos y vibrador de troncos con paraguas invertido en plantaciones de intensivo (AEMO, 2020), (Bernadi et al., 2016).

Tabla 3. Coste medio por kilogramo de los métodos de recolección comúnmente utilizados en olivar tradicional e intensivo

Tipo de Olivar	Coste medio por kilogramo (€/kg)	
Tradicional mecanizable de secano	0,20	
Tradicional mecanizable de regadío	0,15	
Intensivo secano	0,12	
Intensivo regadío	0,09	

Por otro lado, el coste por kilogramo de la cosechadora (Ecuación 1) se ha calculado como la relación entre el coste por superficie (CS) y los kilogramos que hay por superficie (KS). A su vez, el coste por superficie se calcula como la división entre el coste horario (CH), incluyendo este la mano de obra, combustible, amortización, reparaciones, mantenimiento, etc. y la capacidad de trabajo (CT). De esta forma, en la tabla 4, se observan los costes por kilogramo de la cosechadora para distintas plantaciones de olivar. Por falta de disponibilidad de fincas no se han podido realizar ensayos en fincas de regadío y poder así determinar sus costes asociados.

Ecuación (1)

Tabla 4. Coste por kilogramos de la cosechadora en distintas plantaciones.

	Kilogramos por superficie (kg/ha)[1]	Coste por kilogramos cosechadora (€/kg)
Olivar Tradicional Secano (12x12)	2964	0,19
Olivar Intensivo Secano (8x8)	2459	0,15

1. La carga media de los árboles ensayados ha sido de 60 kg/árbol en olivar tradicional y 15 kg/árbol en olivar intensivo

Si se plantea un estudio comparativo de los residuos (roturas, desprendimientos, tallos, hojas) producidos por los distintos métodos existentes de recolección de aceituna, se observa (figura 7) como el método que más daños generaba es la recolección manual y el menos perjudicial es el sacudidor de copa, en relación con los resultados de trabajos previos (Rafael R. Sola-Guirado et al., 2014)this study analyses the available technologies used for fruit detachment and the introduction of a continuous harvesting system, based on a tractor-drawn canopy shaker, to work around the large canopy trees. Results showed that harvest efficiency of mass mechanical systems, such as a trunk shaker (90.5%.

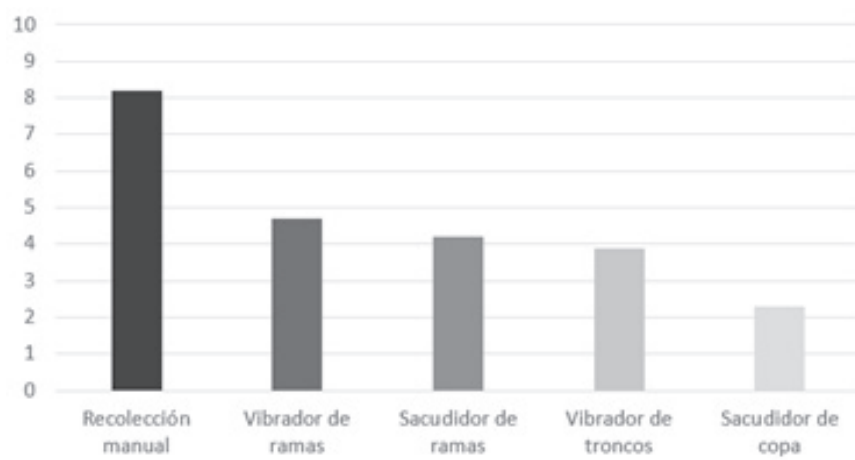


Figura 8. Comparativa de kilogramos de residuos producidos por cada 100 kg de fruto mediante distintos sistemas de recolección

3. CONCLUSIONES

Se han realizado una serie de mejoras tales como la inclusión de varios automatismos para la adaptación de copa, terreno y tronco o la creación e incorporación de un monitor de cosecha en tiempo real que han permitido readaptar una cosechadora integral de copa lateral diseñada en el seno del proyecto Mecaolivar para poder utilizarla en el proyecto AgroMIS y de esta forma

poder solventar el problema actual de la mano de obra en el campo, además de cumplir con los indicadores de acción propuestos para este proyecto.

De acuerdo con los resultados, se han obtenido porcentajes de derribo e interceptación superiores en olivar tradicional que en olivar intensivo debido principalmente a que esta máquina fue diseñada para este tipo de cultivo durante el proyecto Mecaolivar. Además, se han obtenido porcentajes de derribo superiores en vibradores de troncos, ya que las plantaciones de ensayo no estaban adaptadas a este tipo de cosechadoras. En este sentido, se estima que con una poda adecuada de la plantación se obtendrán porcentajes de derribo e interceptación superiores al 90% acercándose a los de los vibradores de troncos.

En cuanto a la capacidad de trabajo en olivar intensivo, es un 30% superior para los vibradores de troncos con cuadrilla de apoyo frente a las cosechadoras integrales, pero dependen fuertemente de la mano de obra frente a un solo maquinista necesario para el manejo de las cosechadoras. Por ello, la cosechadora integral estudiada es un método de recolección mecanizado que permite afrontar la escasez de mano de obra en el campo.

También se ha realizado un estudio de costes, determinando el coste por kilogramo entre distintos métodos de recolección en plantaciones tradicionales y de intensivo. Asimismo, el coste por kilogramo en plantaciones tradicionales es menor en las cosechadoras integrales que en recolección con sistemas de vibración con cuadrillas de apoyo, ya que la mano de obra se reduce a un maquinista. Por otro lado, el coste por kilogramo en plantaciones intensivas es menor en vibrador de troncos con paraguas invertido que en las cosechadoras integrales, pero se estima que, con una poda adecuada de la plantación, el número de kg por superficie aumentará y el coste se reducirá considerablemente. Por otro lado, se ha realizado un estudio de daños producidos con diferentes métodos de recolección, obteniéndose los resultados más bajos en la recolección mediante sacudidor de copa, a pesar de no disponer de unas plantaciones adaptadas a este tipo de máquinas.

Finalmente, los resultados obtenidos en este proyecto animan a seguir investigando en sistemas de recolección que permitan rentabilizar el olivar tradicional, para que puedan competir mejor con otro tipo de plantaciones como el olivar superintensivo. Por otro lado, también ha permitido buscar alternativas para la recolección de plantaciones de intensivo que no dependen fuertemente de la mano de obra como es el caso del vibrador de troncos con cuadrillas de apoyo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la financiación de este estudio dentro de las actuaciones cofinanciadas por el Programa Operativo FEDER en Andalucía para el período 2014-2020, para impulsar el desarrollo de Proyectos Singulares de Actuaciones de Transferencia Universidades-CEI-RIS3 y

relativo al Proyecto de actuaciones de transferencia del conocimiento "Proyecto Singular AgroMIS. ceiA3 instrumento estratégico hacia un tejido productivo Agroalimentario Moderno, Innovador y Sostenible motor del territorio rural".

REFERENCIAS

AEMO, Asociación Española de Municipios del Olivo. (2020). *Aproximación a los costes del cultivo del olivo. Desarrollo y conclusiones del estudio AEMO*.

Bayano-Tejero, S., Sola-Guirado, R. R., Gil-Ribes, J. A., & Blanco-Roldán, G. L. (2019). Machine to machine connections for integral management of the olive production. *Computers and Electronics in Agriculture*, *166*, 104980. https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2019.104980

Bernadi, B., Benalia, S., Fazari, A., Zimbalatti, G., Stillitano, T., & Luca, A. I. de. (2016). *Mechanical harvesting in traditional olive orchards: Oli-picker case study*. https://www.researchgate.net/publication/303787268_Mechanical_harvesting_in_traditional_olive_orchards_Oli-picker_case_study

Cicek, G., Korkut Sümer, S., & Kocabiyik, H. (2010). Effect of different harvest methods on olive yield and work capacity. *African Joaurnal of Agricultural Research*. https://doi.org/10.5897/AJAR10.516

Colmenero-Martinez, J. T., Blanco-Roldán, G. L., Bayano-Tejero, S., Castillo-Ruiz, F. J., Sola-Guirado, R. R., & Gil-Ribes, J. A. (2018). An automatic trunk-detection system for intensive olive harvesting with trunk shaker. *Biosystems Engineering*, *172*, 92–101. https://doi.org/10.1016/J.BIOSYSTEMSENG.2018.06.002

Gil Ribes, J. A., Blanco Roldan, G., Sola Guirado, R. R., Castro garcía, S., & González Sánchez, E. J. (2020). *CPP INNOLIVAR: Mecanización 4.0 en el olivar*. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7542007

MAPA, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2020). *Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos (ESYRCE). Resultados nacionales y autonóomicos.*

Paz, S., Sanz, S., Torregrosa, A., & Ortiz, C. (2013). *Tiempo óptimo de vibrado para el derribo de aceitunas con un vibrador de masas de inercia*. http://redivia.gva.es/handle/20.500.11939/3942

Sola-Guirado, R. R., Castillo-Ruiz, F. J., Blanco-Roldán, G. L., Castro-García, S., Colmenero, J. T., & Gil-Ribes, J. A. (2018). Mecaolivar outcomes: Testing newly developed harvesters in traditional and intensive olive orchards. *Acta Horticulturae*, *1199*, 321–326. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1199.50

Sola-Guirado, Rafael R., Castro-García, S., Blanco-Roldán, G. L., Jiménez-Jiménez, F., Castillo-Ruiz, F. J., & Gil-Ribes, J. A. (2014). Traditional olive tree response to oil olive harvesting technologies. *Biosystems Engineering*, *118*(1), 186–193. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2013.12.007

EFECTO DE LA REDUCCIÓN DE OXÍGENO DURANTE LA MOLIENDA Y/O BATIDO DE LA ACEITUNA SOBRE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD FISICOQUÍMICOS Y LA COMPOSICIÓN DEL AOV

Gabriel Beltrán Maza, Abraham M. Gila, María Paz Aguilera Herrera, Antonio Jiménez Márquez y Araceli Sánchez Ortiz*.
Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA), Centro Venta Del Llano, Mengíbar, (Jaén) España. araceli.sanchez.ortiz@juntadeandalucia.es

RESUMEN: Desde el punto de vista comercial, el aceite de oliva virgen (AOV) es considerado un alimento de excelente calidad sensorial y nutricional por su genuino aroma y sabor y, sus compuestos bioactivos de gran interés para la salud. Esta calidad puede verse comprometida por la degradación oxidativa, tanto química como enzimática (actividad de enzimas oxidativas endógenas tipo polifenol oxidasa y peroxidasa), de componentes de interés durante la extracción y conservación del AOV. Para evitar la oxidación, se ha estudiado principalmente la reducción de oxígeno (inertización) durante el batido de la pasta y el almacenamiento del AOV. Sin embargo, son escasos los estudios en "condiciones reales de extracción" del efecto de la reducción de oxígeno en la molienda, el batido y en ambas etapas a la vez, comparadas con las condiciones de extracción "control" (concentración de oxígeno atmosférico del 21%). Lotes de 200 kg de aceituna de la variedad Picual se utilizaron para la aplicación de los siguientes tratamientos: Control (21% O_2 Molino-21% O_2 Batido), "MI-BN": Molino inertizado-Batido normal (6.5% O_2 Molino-21% O_2 Batido), "MN-BI": Molino normal-Batido inertizado (21% O_2 Molino-4 % O_2 Batido) y "MI-BI": Molino inertizado-Batido inertizado (5.5% O_2 Molino-10% O_2 Batido). Los parámetros de calidad comercial recogidos en la normativa: acidez, índice de peróxidos y absorbancia en el ultravioleta: k_{230} y k_{270} no se modificaron respecto del control y se encontraron dentro de la categoría comercial de aceite de oliva virgen extra. Los compuestos fenólicos, relacionados con el característico sabor amargo y picante del AOV y con sus propiedades saludables y de estabilidad oxidativa, incrementaron con la reducción de oxígeno respecto del control y los tratamientos MI-BN, MN-BI y MI-BI con una media de 4, 10 y 20 %, respectivamente. Por el contrario, los compuestos volátiles totales disminuyeron entre un 10-20% en todos los tratamientos de reducción de oxígeno respecto del control. Los compuestos volátiles derivados de la ruta de la lipoxigenasa responsables de la notas verdes y frutadas del AOV, también redujeron su concentración con los tratamientos entre un 15 y un 20 %. Los resultados muestran como la reducción de oxígeno en las etapas de molienda y batido pueden modular el contenido de fenoles, compuestos volátiles y pigmentos clorofílicos y carotenoides de los AOVs evitando la degradación de compuestos de interés nutricional y sensorial.

PALABRAS CLAVE: calidad aceite de oliva, tecnología de extracción, compuestos volátiles, compuestos fenólicos, pigmentos, tocoferoles, parámetros físico-químicos, oxidación.

ABSTRACT: In commercial terms, Virgin Olive Oil (VOO) is considered an exceptional food of excellent sensory and nutritional quality, for its taste and genuine odour and, as well as for its bioactive compounds, of a great interest for the health. This quality can be affected by oxidative degradation, chemical as well as enzymatic (activity of oxidative endogenous enzymes from polyphenol oxidase and peroxidase olive fruit type), of essential components during extraction and conservation of VOO. In the bibliography, the reduction of oxygen during the malaxation process and the storage of the oil has been studied in different ways. However, research about the reduction of oxygen in the crushing of olive fruit, malaxation of the paste and/or both at the same time in "real extraction condition" is scarce. The reduction of oxygen has been compared to control conditions (concentration of atmospheric oxygen of 21%). Batches of 200 kg of olive fruit, Picual cultivar, were used and the following treatments were applied: Control (21% O_2 Mill - 21% O_2 Mixer), "IM-NM": Inerted milling -Normal malaxation (6.5% O_2 Mill-21% O_2 Mixer), "NM-IM": Normal milling-Inerted malaxation (21% O_2 Mill-4 % O_2 Mixer) and "IM-IM": Inerted milling-Inerted malaxation (5.5% O_2 Mill-10% O_2 Mixer).The parameters of commercial quality covered by Regulation: free acidity, peroxide value and absorbency in ultra-violet (k_{232} and k_{270}) did not suffer any change in relationship to the control, the oils belong to the comercial category of "Extra virgin olive oil". The phenolic compounds, involved in the distinctive bitter and purgent tasted and their healthy properties and the oxidative stability, increased with the downsizing amounts of oxygen regarding control and the IM-NM, NM-IM and IM-IM treatments with an average of 4, 10 and 20 %, respectively. By contrast, total volatile compounds decrease, between a 10-20 % in all oxygen reduction treatments. The volatile compounds arising from lipoxygenase pathway, which are responsable for the green and fruity notes of VOO, also decreased their concentration with the treatments, between a 15-20%. The results show how the reduction of oxygen in the milling and malaxation stages of olive fruit can module the content of phenols, volatile compounds, carotenids and chlorophyll pigments of the VOO avoiding the degradation of compound with sensorial and nutritional interest.

KEYWORDS: Olive oil quality, extraction technology, volatile compounds, phenolics compounds, pigments, physico-chemical parameters, tocopherols and oxidation.

1. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

El aceite de oliva virgen extra (AOVE) es considerado un alimento de excelente calidad sensorial y nutricional. Su característico olor verde-frutado y su genuino sabor amargo y picante son los atributos sensoriales positivos evaluados en la normativa de calidad junto con los parámetros físico-químicos: acidez, índice de peróxidos y absorbancia al ultravioleta como criterios de calidad (Bajoub et al., 2018; Commission Regulation (CEE) No 2568/91, 1991; Genovese et al., 2021; Perata et al., 1988). Sus compuestos bioactivos, principalmente compuestos fenólicos y tocoferoles, han adquirido gran interés para la salud debido a sus propiedades antioxidantes (Reglamento (UE)

Nº 432/2012). Los compuestos fenólicos son además, responsables de los característicos atributos amargo, picante y astringente (Bendini et al., 2007; El Riachy et al., 2011). Estas características diferenciales han contribuido en los últimos años a un incremento en el consumo de AOVE de alta calidad.

Esta calidad puede verse comprometida principalmente por la degradación oxidativa, que puede ser de origen químico y/o enzimático (actividad de enzimas oxidativas endógenas tipo polifenol oxidasa y peroxidasa) y que puede afectar a la calidad del AOV durante la extracción y/o conservación del AOV(García-Rodríguez et al., 2011). De hecho, la oxidación lipídica ha sido considerada como la principal causa del deterioro sensorial, químico y nutricional del AOV (Velasco & Dobarganes, 2002). Al mismo tiempo, el oxígeno es necesario durante el proceso de extracción del AOV para la formación de los compuestos volátiles responsables del olor verde-frutado. Estos compuestos son sintetizados durante la molienda del fruto a través de la "ruta de la lipoxigenasa", que comprende la acción de varias enzimas endógenas del fruto y que es iniciada por la lipoxigenasa a través de la oxigenación del ácido linoleico y/o linolénico dando lugar a los correspondientes hidroperóxidos de los ácidos grasos que pueden ser metabolizados por la hidroperóxido liasa, la alcohol deshidrogenasa y la alcohol acil transferasa dando lugar a aldehídos, alcoholes y sus correspondientes ésteres de seis y cinco átomos de carbono, respectivamente. Estos compuestos derivados de la ruta LOX son los más abundantes en los AOVEs de calidad (Olías et al., 1993; Sánchez-Ortiz et al., 2012, 2016). Durante el almacenamiento del aceite hasta su venta o consumo, el oxígeno también puede producir auto- ó foto-oxidación de los ácidos grasos y de compuestos antioxidantes como fenoles y tocoferoles provocando una reducción de fenoles y la formación de compuestos volátiles relacionados con el olor a rancio.

Para evitar la oxidación, se ha estudiado principalmente la reducción de oxígeno durante el batido de la pasta y el almacenamiento del AOV en condiciones de "inertización" o reducción del oxígeno molecular por aplicación de nitrógeno (Aiello et al., 2012; Guerrini et al., 2018; Leone et al., 2013, 2015; Migliorini et al., 2006; Sánchez-Ortiz et al., 2008; Servili et al., 2008; Smeriglio et al., 2019; Tamborrino et al., 2014; Vezzaro et al., 2011; Yorulmaz et al., 2011). Sin embargo, son escasos los estudios en "condiciones reales de extracción" del efecto de la reducción de oxígeno en la molienda, el batido y en ambas etapas a la vez, comparadas con las condiciones de extracción "control" (concentración de oxígeno atmosférico del 21%). Por tanto, el objetivo del presente trabajo de investigación es evaluar el efecto de la reducción de oxígeno durante el proceso de extracción de aceite (molienda y/o batido) en la composición y los parámetros de calidad del AOV. Los resultados permitirán el desarrollo de estrategias tecnológicas para modular la composición del aceite de oliva virgen.

2. METODOLOGÍA

2.1. Caracterización del fruto y extracción del aceite en la almazara en condiciones control y de reducción de oxígeno (inertización)

Se han utilizado frutos de la variedad `Picual´ recolectados en la finca experimental del IFAPA Venta del Llano en Mengíbar (Jaén). El ensayo se llevó a cabo en dos épocas diferentes: ensayo A y B. En cada ensayo se recolectaron 1000 kg de aceituna y se dividieron de forma homogénea en lotes de aceituna de 200 kg. La aceituna se dispuso en cajas de 25 kg. La caracterización de los frutos se realizó siguiendo los métodos recogidos en la normativa publicada por el Consejo Oleícola Internacional (COI/OH/Doc. No 1 November 2011). La extracción del aceite se llevó a cabo en la almazara experimental del IFAPA Venta Del Llano mediante un sistema de extracción continuo de dos fases formado por un molino, una batidora y un decanter o centrifuga horizontal (Il Molinetto, Pieralisi, Italia). La pasta fue batida durante 30 minutos a 28ºC y los aceites obtenidos fueron filtrados y almacenados a -20ºC hasta su análisis. La reducción del oxígeno en el molino y la batidora, conocido como "inertización" se realizó sellando el molino y/o la batidora con material de polipropileno e introduciendo nitrógeno molecular para desplazar el oxígeno del espacio de cabeza de ambos equipos. El seguimiento de la concentración de oxígeno y dióxido de carbono se realizó con el equipo Oxybaby (WITT Gas, Alemania).

En cada ensayo se llevaron a cabo los siguientes tratamientos con lotes de 200 kg de aceituna:

Tratamiento Control: Molino abierto (MA) – Batidora abierta (BA)
Tratamiento 1: Molino inertizado (MI) – Batidora abierta (BA)
Tratamiento 2: Molino abierto (MA) – Batidora inertizada (BI)
Tratamiento 3: Molino inertizado (MI)- Batidora inertizada (BI)

2.2. Determinación de los parámetros de calidad reglamentada y compuestos minoritarios

Los parámetros de calidad reglamentada fueron determinados acorde al Reglamento (CEE) nº 2568/91 y sus posteriores modificaciones. Los tocoferoles fueron analizados con la norma IUPAC (1992); los pigmentos con el protocolo establecido por Mínguez-Mosquera et al. (1991). Los compuestos volátiles se determinaron acorde con Sánchez-Ortiz et al. (2018). Los compuestos fenólicos totales fueron analizados según Vázquez-Roncero et al. (1973). Para el análisis estadístico univariante de la medias, desviaciones estándar y ANOVA fue utilizado el programa Statistix 8 y la plataforma MetaboAnalyst 5.0.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Frutos de la variedad Picual fueron recolectados en dos épocas y sus características de peso medio, índice de madurez, contenido en humedad y en materia grasa en seco y húmedo han sido

recogidos en la Tabla 1. El índice de maduración medio de los dos muestreos realizados fue de 3.5; este índice coincide con el valor recomendado para la recolección, cuando el fruto se encuentra entre verde y morado. El contenido en humedad en peso seco y húmedo también están dentro de los valores normales utilizados para asegurar un rendimiento de extracción adecuado.

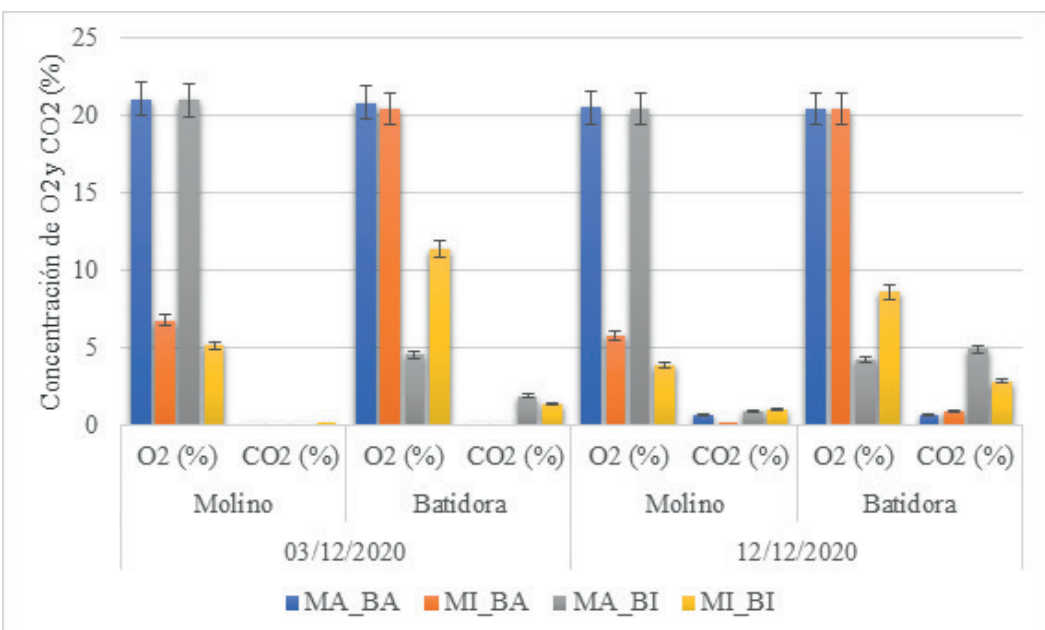
Tabla 1. Caracterización del fruto empleado en los ensayos. IM (índice de maduración), RGS (Rendimiento graso en fruto húmedo), RGS (Rendimiento graso en fruto seco) y Humedad.

Época	Variedad	Fecha recolección	IM	Peso medio (g)	RGH (%)	RGS (%)	Humedad (%)
1	Picual	03/12/2021	3.76	3.09	19.45	56.82	56.82
2	Picual	15/12/2021	3.36	2.40	18.58	52.20	52.20

Fuente: elaboración propia.

La concentración de oxígeno molecular del espacio de cabeza del molino y la batidora, registrada en cada uno de los tratamientos realizados, se muestran en la Figura 1. Estos datos fueron calibrados con el oxígeno molecular atmosférico siguiendo las indicaciones del fabricante del dispositivo.

Figura 1. Concentración de oxígeno molecular y dióxido de carbono en porcentaje medidos durante los diferentes ensayos.



Fuente: Elaboración propia.

La tabla 2 muestra los parámetros de calidad comercial recogidos en la normativa: acidez, índice de peróxidos y absorbancia en el ultravioleta: k_{230} y k_{270}. Los parámetros de calidad analizados no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos y se encontraron dentro de los límites establecidos para la categoría comercial de aceite de oliva virgen extra.

Tabla 2. Parámetros de calidad determinados en los ensayos A y B para los tratamientos: Control: Molino abierto (MA) – Batidora abierta (BA); Tratamiento 1: Molino inertizado (MI) – Batidora abierta (BA); Tratamiento 2: Molino abierto (MA) – Batidora inertizada (BI); Tratamiento 3: Molino inertizado (MI)- Batidora inertizada (BI).

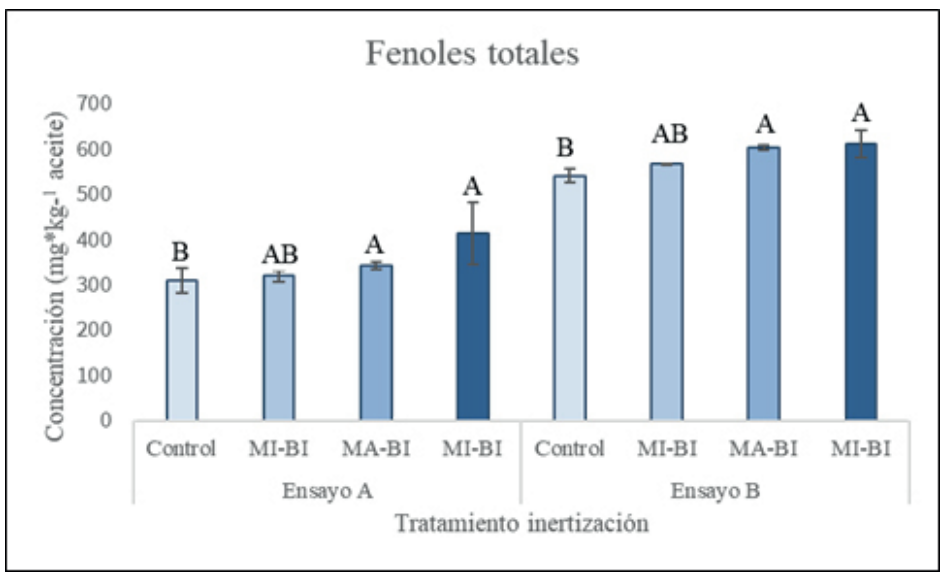
Parámetro	Ensayo A			
	Control	T1	T2	T3
Acidez libre (% ácido oleico)	0.22 ± 0.03	0.20 ± 0.03	0.18 ± 0.00	0.20 ± 0.03
Índice de peróxidos (meq. PO_2/kg aceite)	4.56 ± 0.52	4.73 ± 0.25	4.25 ± 0.29	4.24 ± 0.29
Absorbancia en ultravioleta a 232 nm (k_{232})	1.70 ± 0.11	1.64 ± 0.04	1.58 ± 0.01	1.65 ± 0.03
Absorbancia en ultravioleta a 270 nm (k_{270})	0.15 ± 0.04	0.11 ± 0.03	0.10 ± 0.01	0.13 ± 0.01
	Ensayo B			
	Control	T1	T2	T3
Acidez libre (% ácido oléico)	0.24 ± 0.00	0.24 ± 0.00	0.24 ± 0.00	0.24 ± 0.00
Índice de peróxidos (meq. PO2/kg aceite)	5.56 ± 0.00	4.99 ± 0.02	5.17 ± 0.63	4.98 ± 0.02
Absorbancia en ultravioleta a 232 nm (k_{232})	1.75 ± 0.02	1.79 ± 0.06	1.76 ± 0.03	1.74 ± 0.02
Absorbancia en ultravioleta a 270 nm (k_{270})	0.15 ± 0.00	0.16 ± 0.01	0.18 ± 0.01	0.18 ± 0.01

Fuente: Elaboración propia.

Los compuestos fenólicos (Figura 2), relacionados con el característico sabor amargo y picante del AOV y con sus propiedades saludables y de estabilidad oxidativa, incrementaron con la reducción de oxígeno respecto del control y los tratamientos MI-BN, MN-BI y MI-BI con una media de 4, 10 y 20

%, respectivamente. Un efecto similar sobre los compuestos fenólicos ha sido reportado en estudios de inertización del batido de la pasta (Aiello et al., 2012; Migliorini et al., 2006; Servili et al., 2008)therefore process monitoring and control is a fundamental requirement in the modern VOO processing industry. The present work proposes an innovative Real-Time Monitoring System (RTMS.

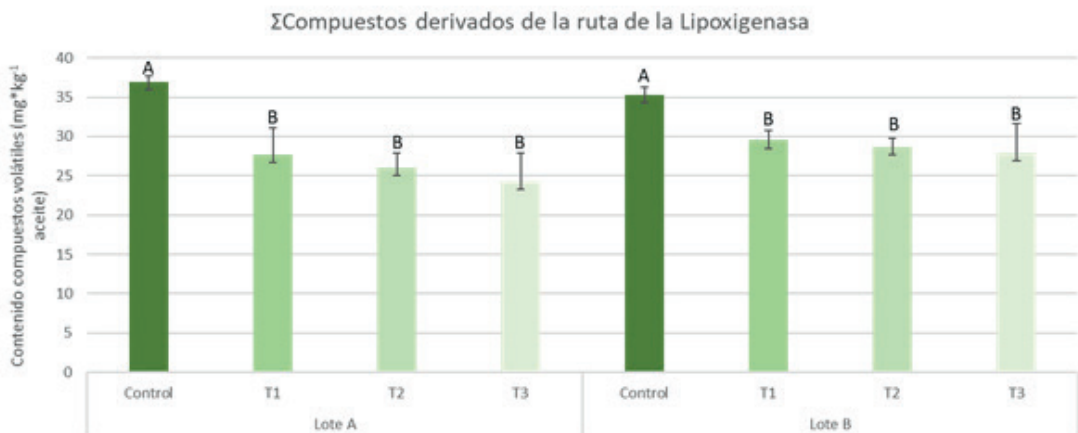
Figura 2. Contenido de fenoles totales (mg*kg^{-1} aceite)



Fuente: Elaboración propia

Un efecto contrario a los fenoles se observó para los compuestos volátiles. Los compuestos volátiles totales disminuyeron entre un 10-20% en todos los tratamientos de reducción de oxígeno respecto del control. La misma tendencia es observada para los compuestos volátiles derivados de la ruta de la lipoxigenasa responsables de la notas verdes y frutadas del AOV (Figura 3); en concreto se redujo la concentración con los tratamientos de inertización entre un 15 y un 20 % respecto del control. Similares resultados fueron obtenidos por Servili et al., (2008). Entre tratamientos de inertización no se observaron diferencias significativas, aunque la reducción de compuestos volátiles fue mayor cuando se inertiza el molino y el batido.

Figura 3. Contenido de compuestos volátiles en mg*kg^{-1} de aceite derivados de la ruta de la lipoxigenasa en los diferentes tratamientos de inertización. El sumatorio de los compuestos derivados de la ruta LOX corresponde a: (2+3)-pentanona, pentanal, 1-penten-3-ona, Hexanal, (E)-2-pentenal, (Z)-2-pentenal, (Z)-3-hexenal, (Z)-2-hexenal, (E)-2-hexenal, hexyl acetate, (Z)-3-hexenyl acetate, (Z)-2-penten-1-ol, (Z)-3-hexen-1-ol, 1-hexanol y dímeros de penteno.



Fuente: Elaboración propia. Diferentes letras para cada barra de cada tratamiento corresponden a diferencias significativas para $p<0.05$.

Los tocoferoles constituyen un grupo importante de compuestos antioxidantes. La Tabla 3 muestra un contenido medio en los 4 tratamientos de 285.95 y 376.93 mg*kg^{-1} en el ensayo A y B, respectivamente. El α-tocoferol fue el compuesto mayoritario de la fracción de tocoferoles totales. La reducción de oxígeno no produjo modificaciones sobre esta fracción.

Tabla 3. Contenido de α-tocoferol, β-tocoferol y -tocoferol en mg*kg^{-1} de aceite en los diferentes tratamientos de inertización.

	Ensayo A															
Contenido (mg*kg^{-1})	Control				MI-BA				MA-BI				MI-BI			
α-tocoferol	257.24	±	8.11	bc	254.93	±	1.62	c	268.74	±	4.63	ab	271.57	±	4.33	a
β-tocoferol	6.34	±	0.33	a	6.05	±	0.04	a	6.19	±	0.45	ab	6.23	±	0.17	a
ɣ-tocoferol	16.51	±	0.68	a	16.07	±	0.07	a	17.00	±	0.44	ab	16.95	±	0.31	a
Total	280.10	±	9.09	ab	277.05	±	1.65	b	291.92	±	4.72	ab	294.75	±	4.61	a
	Ensayo B															
Contenido (mg*kg^{-1})	Control				MI-BA				MA-BI				MI-BI			
α-tocoferol	352.46	±	2.62	a	356.94	±	1.84	a	357.46	±	2.41	a	355.55	±	2.54	a
β-tocoferol	6.81	±	0.17	a	6.84	±	0.20	a	6.77	±	0.04	a	6.96	±	0.04	a
ɣ-tocoferol	14.39	±	0.12	a	14.80	±	0.52	a	14.58	±	0.12	a	14.14	±	0.05	a
Total	373.66	±	2.83	a	378.59	±	2.26	a	378.82	±	2.36	a	376.66	±	2.56	a

Fuente: Elaboración propia. Diferentes letras para cada fila de cada tratamiento corresponden a diferencias significativas para *p<0.05.*

El color del aceite de oliva virgen, a pesar de no ser un parámetro oficial para evaluar la categoría comercial del aceite, constituye un criterio fundamental en la decisión de compra de los consumidores. Los pigmentos clorofílicos, son los responsables de los notos verdes y los pigmentos carotenoides, son los responsables de las notas pardo-amarillos. Los pigmentos del ensayo B, mostraron valores superiores a los del ensayo A, que puede explicarse por un menor índice de maduración, parámetro que evalúa la pigmentación del fruto. La reducción de oxígeno mostró un incremento en el contenido de pigmentos clorofílicos y carotenoides. El efecto fue mucho más significativo en el ensayo B y para el tratamiento de inertización en molienda y batido.

Tabla 4. Contenido de pigmentos clorofílicos y carotenoides ($mg*kg^{-1}$) en los aceites obtenidos en los diferentes tratamientos de inertización.

		Ensayo A		
Contenido ($mg*kg^{-1}$)	Control	MI-BA	MA-BI	MI-BI
Carotenos	2.16 ± 0.05c	2.98 ± 0.17a	2.93 ± 0.08a	2.52 ± 0.11b
Clorofilas	1.21 ± 0.10a	1.73 ± 0.20a	1.61 ± 0.223a	1.33 ± 0.26a
		Ensayo B		
Contenido ($mg*kg^{-1}$)	Control	T1-B	T2-B	T3-B
Carotenos	7.94 ± 0.11b	8.36 ± 0.16ab	8.72 ± 0.14a	8.77 ± 0.36a
Clorofilas	6.39 ± 0.18c	7.32 ± 0.32b	8.15 ± 0.11ab	8.81 ± 0.54a

Fuente: elaboración propia. Diferentes letras para cada fila de cada tratamiento corresponden a diferencias significativas para *p<0.05.*

4. CONCLUSIONES

La reducción de oxígeno durante el proceso de extracción de aceite mediante la inertización del molino y/o la batidora y la introducción de nitrógeno en el espacio de cabeza produce modificaciones en el contenido de compuestos fenólicos, compuestos volátiles y pigmentos clorofílicos y carotenoides de los AOVs. Estás modificaciones son más significativas cuando se inertizan ambas etapas a la vez: molienda y batido y pueden evitando la degradación de compuestos de interés nutricional y sensorial.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aiello, G., Catania, P., Enea, M., La Scalia, G., Pipitone, F., & Vallone, M. (2012). Real time continuous oxygen concentration monitoring system during malaxation for the production of Virgin Olive Oil. *Grasas y Aceites*, *63*(4), 475–483. https://doi.org/10.3989/gya.058012

Bajoub, A., Bendini, A., Fernández-Gutiérrez, A., & Carrasco-Pancorbo, A. (2018). Olive oil authentication: A comparative analysis of regulatory frameworks with especial emphasis on quality and authenticity indices, and recent analytical techniques developed for their assessment. A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *58*(5), 832–857. https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1225666

Bendini, A., Cerretani, L., Carrasco-Pancorbo, A., Gómez-Caravaca, A. M., Segura-Carretero, A., Fernández-Gutiérrez, A., & Lercker, G. (2007). Phenolic molecules in virgin olive oils: A survey of their sensory properties, health effects, antioxidant activity and analytical methods. An overview of the last decade. *Molecules*, *12*(8), 1679–1719. https://doi.org/10.3390/12081679

El Riachy, M., Priego-Capote, F., León, L., Rallo, L., & Luque de Castro, M. D. (2011). Hydrophilic antioxidants of virgin olive oil. Part 1: Hydrophilic phenols: A key factor for virgin olive oil quality. *European Journal of Lipid Science and Technology*, *113*(6), 678–691. https://doi.org/10.1002/ejlt.201000400

Commission Regulation (CEE) Nº 2568/91, COMMISSION REGULATION (EEC) No 2568 / 91 of 11 July 1991 on the characteristics of olive oil and olive-residue oil and on the relevant methods of analysis 83 (1991).

García-Rodríguez, R., Romero-Segura, C., Sanz, C., Sánchez-Ortiz, A., & Pérez, A. G. (2011). Role of polyphenol oxidase and peroxidase in shaping the phenolic profile of virgin olive oil. *Food Research International*, *44*(2). https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.12.023

Genovese, A., Caporaso, N., & Sacchi, R. (2021). Flavor chemistry of virgin olive oil: An overview. *Applied Sciences (Switzerland)*, *11*(4), 1–21. https://doi.org/10.3390/app11041639

Guerrini, L., Masella, P., Angeloni, G., & Parenti, A. (2018). Stripping of dissolved oxygen from extra virgin olive oil: Effects on oxidation and biophenols. *Journal of Food Processing and Preservation*, *42*(12). https://doi.org/10.1111/jfpp.13832

Leone, A., Romaniello, R., Mangialardi, G. I., & Tamborrino, A. (2015). Modified atmosphere in head space of extra virgin olive oil tanks: Testing a prototype integrated storage system. In *Acta Horticulturae* (Vol. 1071, pp. 319–326). https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1071.40

Leone, A., Romaniello, R., & Tamborrino, A. (2013). Development of a prototype for extra-virgin olive oil storage with online control of injected nitrogen. *Transactions of the ASABE*, *56*(3), 1017–1024. https://doi.org/10.13031/trans.56.9990

Migliorini, M., Mugelli, M., Cherubini, C., Viti, P., & Zanoni, B. (2006). Influence of O2 on the quality of virgin olive oil during malaxation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *86*(13), 2140–2146. https://doi.org/10.1002/jsfa.2588

Mínguez-Mosquera, M. I., Rejano-Navarro, L., Gandul-Rojas, B., Sánchez-Gómez, A. H., & Garrido-Fernández, J. (1991). Color-pigment correlation in virgin olive oil. *J. Food Qual.*, *69*, 332–336. https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84857442635&partnerID=40&md5=e6389e36f6613059ed3a8ed36e03eccc

Olías, J. M., Pérez, A. G., Rios, J. J., & Sanz, L. C. (1993). Aroma of virgin olive oil: biogenesis of the "green" odor notes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.*, *41*(12), 2368–2373. https://doi.org/10.1021/jf00036a029

Perata, P., LoSchiavo, F., & Alpi, A. (1988). Ethanol production and toxicity in suspension-cultured carrot cells and embryos. *Planta*, *173*(3), 322–329. https://doi.org/10.1007/BF00401019

Reglamento (UE) 432/2012 de relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos. Diario Oficial de La Unión Europea, L131(6), 1–40.

Sánchez-Ortiz, A., Bejaoui, M. A., Herrera, M. P. A., Márquez, A. J., & Maza, G. B. (2016). Application of oxygen during olive fruit crushing impacts on the characteristics and sensory profile of the virgin olive oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, *118*(7), 1018–1029. https://doi.org/10.1002/ejlt.201500276

Sánchez-Ortiz, A., Bejaoui, M. A., Quintero-Flores, A., Jiménez, A., & Beltrán, G. (2018). "Biosynthesis of volatile compounds by hydroperoxide lyase enzymatic activity during virgin olive oil extraction process." *Food Research International*, *111*, 220–228. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.05.024

Sánchez-Ortiz, A., Romero-Segura, C., Sanz, C., & Pérez, A. G. (2012). Synthesis of volatile compounds of virgin olive oil is limited by the lipoxygenase activity load during the oil extraction process. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *60*(3). https://doi.org/10.1021/jf204241e

Sánchez-Ortiz, A., Romero, C., Pérez, A. G., & Sanz, C. (2008). Oxygen concentration affects volatile compound biosynthesis during virgin olive oil production. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *56*(12), 4681–4685. https://doi.org/10.1021/jf8004838

Servili, M., Taticchi, A., Esposto, S., Urbani, S., Selvaggini, R., & Montedoro, G. (2008). Influence of the decrease in oxygen during malaxation of olive paste on the composition of volatiles and phenolic compounds in virgin olive oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *56*(21), 10048–10055. https://doi.org/10.1021/jf800694h

Smeriglio, A., Toscano, G., Denaro, M., De Francesco, C., Agozzino, S., & Trombetta, D. (2019). Nitrogen headspace improves the extra virgin olive oil shelf-life, preserving its functional properties. *Antioxidants*, *8*(9). https://doi.org/10.3390/antiox8090331

Tamborrino, A., Pati, S., Romaniello, R., Quinto, M., Zagaria, R., & Leone, A. (2014). Design and implementation of an automatically controlled malaxer pilot plant equipped

ZEN-IRRIWARE, PRECISION IRRIGATION SOFTWARE - APPLICATION ON OLIVE ORCHARDS

K. Chartzoulakis[1]*, A. Papafilippaki[1], I. Kasapakis[2]
[1]ZenAgro PC, Kolokotroni 17, 73100 Chania, Greece, [2]TAAE Chanion, Agrokipio 73100 Chania, Crete, Greece, kchartz@otenet.gr

SUMMARY: Precision irrigation is a system that supports end-users' decisions with regard to how much to irrigate and when and is uniformly applied across the field minimizing environmental risks. In the present study precision irrigation was applied for two years in olive orchards of three cooperatives in Crete, Greece using Zen-Irriware software for the calculation of water needs of olive trees in real time. The olive orchards were irrigated empirically resulting in great fluctuations in the total amount of applied water per season, ranging from 54 to 825 mm. Moreover, although the majority of the farmers used localized irrigation system (drippers or micro sprinklers), the interval between irrigations was long (10-20 days) and the irrigation dose quite high (20-55 mm). The Zen-Irriware utilizes weather forecast in order to adjust irrigation, reduce crop risks (plant damage) and improve yield (quantity and quality) using GSM controller and sensor communication. Using weather forecasts, the available on-line data from existing meteorological stations and tailor-made algorithms, the Zen-Irriware calculates crops irrigation requirements. The algorithm is developed according to FAO proposed methods, taking into account crop characteristics (age, growth stage, etc), soil type, irrigation system, water quality and availability, as well as the last irrigation details. Then, the system automatically informs the farmer via email or SMS when and how much water to apply for each parcel and creates corresponding messages in the user's account. The results showed that the application of precision irrigation in olive orchards in a region without water availability problems resulted in significant water saving (30-160%) compared to the applied practice (empirical irrigation) and optimization of the moisture in the soil.

KEYWORDS: Water requirements; irrigation scheduling; water saving; olive

1. INTRODUCTION

Water resources worldwide are currently under pressure due to the rapid increase of world population, the extension of irrigated land, the industrial development and the climate change. Water is essential not only for agriculture, industry and economic growth, but also it is the most important component of the environment, with significant impact on health and nature conservation. Because of the increasing problems due to fresh water scarcity, man has begun to realize that he can no longer follow a "use and discard" methodology either with water resources or any other natural resource. As a result, the need for a consistent policy of rational management of water resources has become a necessity.

Agriculture currently uses about 70% of the total fresh water withdraw globally, mainly for irrigation. The last 50 years the irrigated lands globally almost doubled reaching 310 Mha (Siebert et al., 2015; ICID, 2018). More than 40% of the world's food comes from the 20% of the cropland that is irrigated. On the other hand 8-15% of fresh water supplies will be diverted from agriculture to meet the increased demand of domestic use and industry. Furthermore the efficiency of irrigation is very low, since only 65% of the water is used by the crop. The farmers mainly irrigate empirically and tend to "play safe", increasing irrigation water amount, especially when water price is low. As a result about 25 % of water applied is lost, while at the same time tensions and conflicts with other sectors (urban, tourism) arise. To overcome water shortage for agriculture is essential to increase the water use efficiency and to use marginal waters (reclaimed, saline, drainage) for irrigation.

Irrigation scheduling tools (software) can play an important role in assisting farmers to increase water efficiency, minimizing environmental risks and contributing to the sustainability of agricultural sector (Fereres et al., 2011, Malamos et al., 2016, González Perea et al., 2017). A new frontier for optimizing the use of irrigation water is 'Precision Irrigation' (PI), a practice that can be applied to any type of irrigation technique. PI is a system that supports end users' decisions with regard to how much to irrigate and when and is uniformly applied across the field. The present work describes the Zen-Irriware software, used for precision irrigation of horticultural crops with specific application in olive orchards.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Data used. Zen-Irriware software is supported by meteorological stations (M/S) and soil moisture sensors integrated into a wireless network which provide data to a real-time decision support system. The design of the sensors network considers also all factors affecting their proper function. For the accurate calculation of irrigation requirements of the crop, it uses the available meteorological data of the area, the weather forecast, the soil characteristics, the elements of the crop, the availability and quality of water and the method of irrigation. It cooperates with different types of M/S and receives real-time data in various formats. In addition, it uses data from different nearby M/S, if required. When for any reason the main M/S of the area does not work, the software automatically or manual, selects the alternative source of meteorological data for the calculations.

Water requirements estimation. Daily Evapotraspiration (ETc) of the crop is calculated by the formula ETc = Kc x ETo (Allen et al., 1998), where ETo is Reference Evapotraspiration and Kc is the crop factor, that varies according the crop and the growth stage (Doorenbos and Pruitt, 1992). Irrigation requirements are calculated as the difference between the evapotranspiration of the crop and the effective rainfall (0.8 of the total), while the irrigation dose is determined according to the soil type. In case of limited water availability (dry year), water requirements are calculated only for the critical growth stages (application of deficit irrigation). The data are stored in a database,

so that upon request the system combines all the relative information in order to calculate the optimal irrigation dose. Zen-Irriware layout is given in Figure 1.

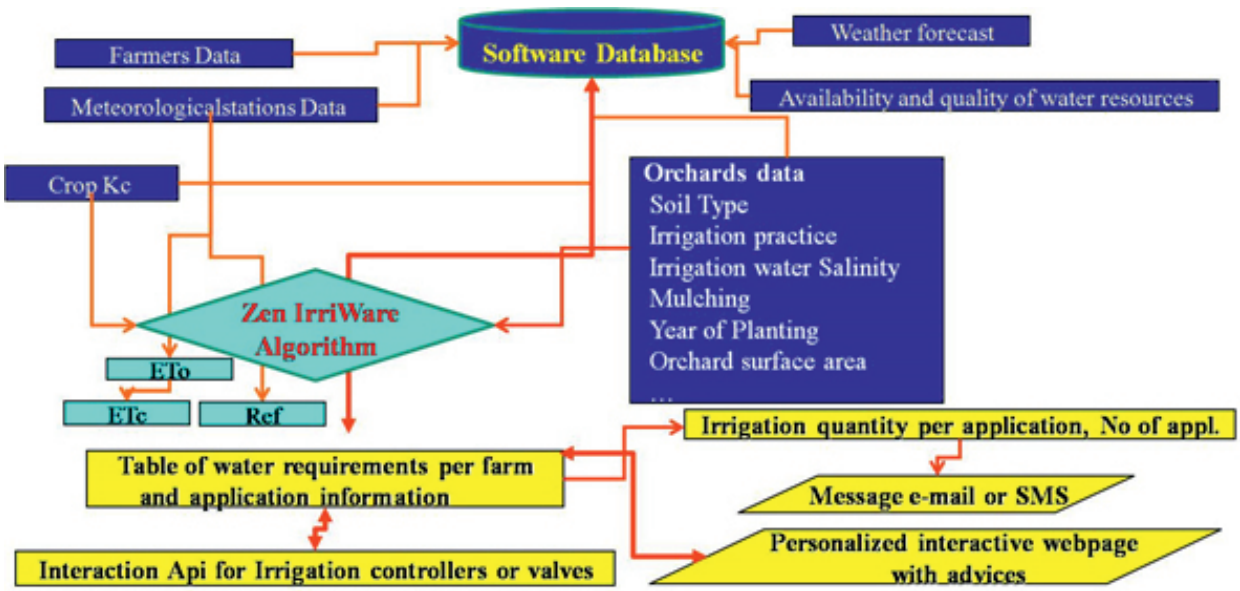


Figure 1. Zen-Irriware layout

2.2 Database structure. Important elements of Zen-Irriware database structure are the following data categories, created in a simple and functional way:

- Meteorological data from the weather station stored and used for ETc estimation.

- Farmers data including individual entries for each farmer, team of farmers or a cooperative.

- Orchard data including individual entries for orchards within each entry of farmers database, which contain all information required for the calculation of irrigation requirements like soil characteristics, farming techniques, characteristics of culture (table olives, oil production, age of the trees, etc), the quality and availability of water and the system of irrigation.

2.2 Data management. All data are stored in a database and the system combines all the relevant information to calculate the optimal irrigation dose and time of irrigation. If the M/S has soil moisture sensors, the software can take this information into account when deciding when and how much to irrigate. Zen-Irriware works with weather forecasting models and takes this information into account when calculating irrigation needs or timing. In addition, it warns the farmer if extreme weather events (heat waves, frost) will take place to take protective measures.

The data is processed by the system and displayed in the form of irrigation application instructions via PC (e-mail) or SMS message (Figure 2). The application of water is done through the irrigation infrastructure (irrigation system, quantity control and recording, etc.). The farmer

can communicate with the software, record the amount of irrigation water and have an interaction with the system. Furthermore, the software can interact with solenoid electrovalves to switch on-off the irrigation without farmer intervention.

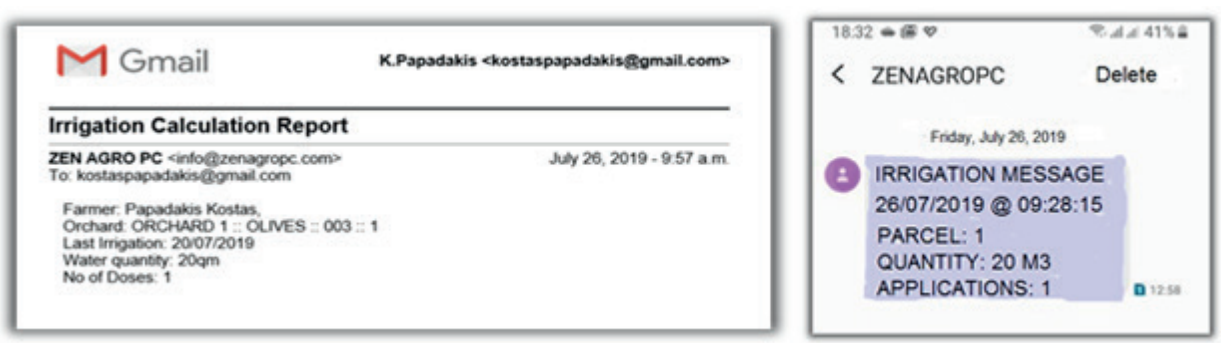


Figure 2. Irrigation messages sent to the farmer

RESULTS AND DISCUSSION

Precision irrigation based on the Zen-Irriware software has been successfully applied since 2018 in farmers groups (PO) in Crete, in large private olive groves with integrated and organic management and in other crops throughout Greece. In case that there is no private M/S to provide meteorological data, the system cooperate with the Weather Underground M/S network (https://www.wunderground.com/), which covers the whole country. Before the application of precision irrigation olive orchards were irrigated empirically resulting in under- or over-irrigation of the trees, waste of water and negative effects on crop yield and quality of olive oil. Especially in the olive groves in Crete, Greece the irrigation was done 1-3 times in the critical months (July-August or even September) with quantities of 15-130 mm, while the total water requirements of olive orchards in the areas range between 220 - 320 mm per year (Chartzoulakis and Bertaki, 2006).

The amount of irrigation water applied to the olive groves of each group of producers with the Zen-Irriware system ranged from 240-290 mm per year (Figure 3 A & B). In the Producers Group where there is no problem with water availability, the results show that water saving instead economy is significant, up to 270% in relation to the applied empirical irrigation practice (Figure 3A). In the Producers Group, which for various reasons olives was mostly under-irrigated, the application of Zen-Irriware irrigation consulting helped to rationalize irrigation and optimize soil moisture, as no extreme water deficit conditions were observed (Figure 3B).

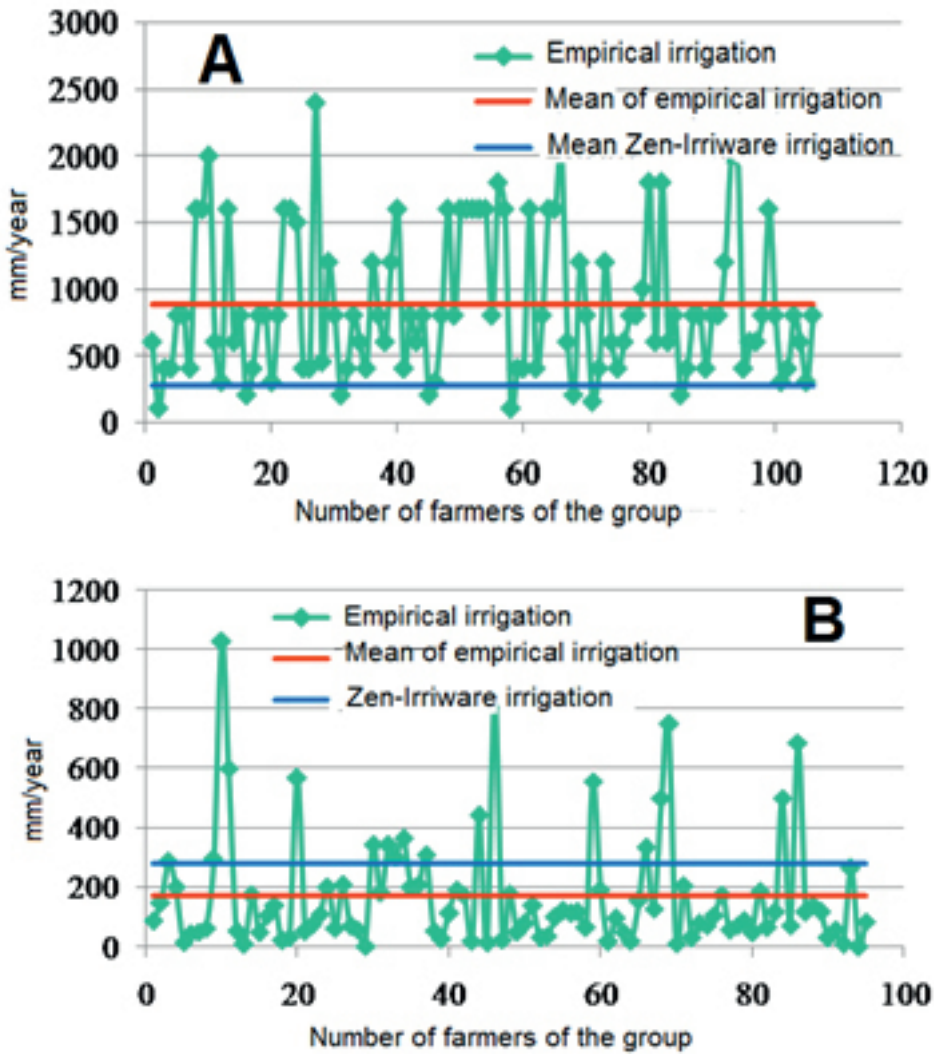


Figure 3. Optimization of olive irrigation using Zen-Irriware

CONCLUSIONS

ZEN-IRRIWARE is a simple and user-friendly way to apply precision irrigation in olive orchards. It takes into account current weather data, weather forecasts, crop and soil parameters, water quality and availability and irrigation system. Furthermore, it cooperates with wUnderground meteo station network or private M/S and irrigation advices (when to irrigate and how much water to apply) are given to farmers who are not familiar with new technologies with a message through a simple cell phone or directly to solenoid electrovalve. In addition, the farmer can interact with the software by recording irrigation application contributing in significant water saving.

REFERENCES

Allen, R. G., Pereira, L. S. Raes, D., Smith, M., (1998): Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage 56, FAO, Rome.

Chartzoulakis, K. and Bertaki M., (2006): Water use in Agriculture on Mediterranean islands: present situation and future perspectives, in Koundouri P., Karousakis K., Assimakopoulos D., Jeffrey P., Lange M. A. (eds), Water management in arid and semi-regions. Cheltenham U.K, Edward Elgar P.C., 136-157.

Doorenbos, J. and Pruitt, W. O. (1992): Guidelines for predicting crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage 24, FAO, Rome, Italy

Fereres, E., Orgaz, F., Gonzalez-Dugo, V. (2011): Reflections on food security under water scarcity. Journal of Experimental Botany, 62(12), 4079–4086.

González Perea, R., Fernandez Garcia, I., Martin Arroyo, M., Rodrıguez Diaz, J.A., Camacho Poyato. E., Montesinos, P. (2017): Multiplatform application for precision irrigation scheduling in strawberries. Agricultural Water Management, 183(194), 201-212.

ICID, 2018, World Irrigated area, https://www.icid.org/world-irrigated-area.pdf

Malamos, N., Tsirogiannis, I. L., Christofides, A. (2016): Modelling irrigation management services: The IRMA-SYS case. International Journal of Sustainable Agricultural Management and Informatics, 2(1), 1-18

Siebert, S., Kummu, M., Porkka, M., Döll, P., Ramankutty, N., Scanlon, B. R. (2015): A global data set of the extent of irrigated land from 1900 to 2005. Hydrology Earth Systems Science, 19, 1521–1545.

A HISTORICAL AND SOCIAL INSIGHT OF OLIVE GROVES AND LANDSCAPES IN GREECE

Chartzoulakis Konstantinos
Ex Director of the Institute for Olive Tree and Subtropical Plants
ZenAgro PC, 73400 Kissamos, Crete, Greece, kchartz@otenet.gr

SUMMARY: Olive tree is native to the coastal areas of the eastern Mediterranean Basin and Western Asia, proved by fossil Olea pollens found in many places. Fossilized leaves of olive 37,000 years old, found in the palaeosols of the volcanic Greek island of Santorini, prove that Greece is one of the homelands of the olive tree. Archaeological data and historical findings confirm that during the Minoan period (3000-1000 BC) olive cultivation and olive oil trading was widespread in Crete, Greece. Olives and olive oil appear steadily over time in all aspects of Greek life, both individual and collective: religion, art, social and political events, sports and of course, gastronomy.

The main characteristics of olive culture in Greece are: a) the small average farm size (less than two hectares), b) the utilization of hilly and mountainous areas and c) the need for irrigation (in southern regions of the country). Olive tree grows in poor, rocky or fertile soils, at elevation up to 900 instead of 1000 m with annual rainfall ranging from 200-1000 mm. Since more than 70% of olive growing land belongs to hilly or mountainous areas, there are severe problems of soil erosion (30% of total land), when no proper management is practiced.

Greece today is the third olive-oil producer country in the world with an average production 320,000-350,000 tons per year with an area covered with olives around 790,000 instead of 970,000 ha. Table olive production in Greece fluctuates from 200,000 to 250,000 tons per year. The olive growing area occupies more than 21% of the total cultivated land of the country while 29% of Greek farms are specialized in olives. The family-run small businesses that form the backbone of Greek olive production are in a better position to meet the needs of the organic olive oil production.

KEYWORDS: Olive culture; functional role; management practices; economy

INTRODUCTION

Greece is located in south-east Europe, at the south edge of Balkan Peninsula and occupies 131,957 km^2, of which one-fifth consists of islands in the Aegean, Ionian and Mediterranean seas (Figure 1). The climate is typical Mediterranean with long, hot and dry summers and mild winters. Precipitation varies greatly with the average approaching 850 mm/year; western Greece receive the majority of rainfalls, more than 1500 mm/year, while the eastern Greece, along with the islands of Aegean Sea and Crete, have considerably smaller rainfalls, not uniformly distributed throughout the year.

Greece is predominantly an agricultural country, although less than one-third of its area is cultivated. The main tree crops are olives (792,640 ha), citrus (58,400 ha), deciduous trees (78,100 ha) and other fruits (78,200 ha). The row crops (cereals, root crops, industrial plants, vegetable, forage plants, etc) cover a total area of 2,175,100 ha, vines (126,100 ha) and other crops (17,100 ha), while fallow land covers 453,400 ha (AASR, 2017)



Figure 1. Olive growing areas in Greece

HISTORICAL BACKGROUND OF OLIVE CULTIVATION

Olive (*Olea europaea* L.*)*, is a tree species of the Oleaceae family, native to the coastal areas of the eastern Mediterranean Basin and Western Asia and it is widely spread to nearby countries. It is estimated that the olive tree cultivation began more than 7,000 years ago. However, fossil Olea pollens have been found in Macedonia, Greece and other places around Mediterranean, indicating that this genus is an original element of the Mediterranean flora. Fossilized leaves of Olea (Figure 2), found in the palaeosols of the volcanic Greek island of Santorini and the island of Nisyros, about 37-50,000 years old (Lacroix, 1896) is a fact that proves that Greece is one of the homelands of the olive tree. According to P. Anagnostopoulos, in a statement he made at the Athens Academy in 1951 based on findings from excavations, Crete is the homeland of the domesticated olive. This statement is strengthened by the fact that the name of ′olive′ is Greek.

As far back as 3000 BC, olives were grown commercially in Crete; they even may have been the source of the wealth of the Minoan civilization (Faure, 1973). In the palace of the king Minos at Malia, storerooms have been found, which could hold aproximately 10,000 hectolitres of olive oil. G. and E. Sakellarakis's excavations in Fourni in Archanes, Crete ensure that during the Middle-Minoan period, the cultivation of the olive tree was one of the inhabitants' most fundamental activities (Sakellarakis G. and E., 1997).

In Homer's Odyssey, Odysseus crawls beneath two shoots of olive that grow from a single stock and in the Iliad, (XVII.53ff) there is a metaphoric description of an alone olive tree in the mountains, by a spring. Olive wood was one of those used to fashion the most primitive Greek cult figures, called *xoana*, referring to their wooden material; they were reverently preserved for centuries.

It was purely a matter of local pride that the Athenians claimed that the olive grew first in Athens. In an archaic Athenian foundation myth, Athena –one of the Olympian Goddess- won

the patronship of Attica from Poseidon with the gift of the olive. Furthermore an olive tree in the west Athens, named "*Platon's Olive Tree*", was rumored to be a remnant of the grove within which Platon's Academy was situated, which would date it to approximately 2,400 years ago, while the age of an olive tree in Crete, claimed to be over 3,000 years old. The prosperity of Athens during the Golden Ages was attributed, among others, to the high production of olive oil (Foxhall Lin, 2007).



Figure 2. Fossilized leaves of Olea

When Romans occupied Greece, the olive oil production continued and Romans were able to learn the secrets of cultivation. During Byzantine times things did not change. The production of the olive oil in Greek territories was significant because of the vast size of the Empire. The Empire itself almost included half of the olive oil productive areas in the known world and the product was exported throughout the world. From this time until today, Greece became the world's one of the most important exporter of high quality olive oil. The love and high esteem of the Greek olive-grower for the olive tree is passed on from generation to generation and from family to family. The olive tree for Greeks continues to be one of the most beatiful and useful trees because of its many usages.

AREA UNDER OLIVE CULTIVATION

Olive culture in Greece represents 21-23% of the total of cultivated area (about 60% of the tree crops) with 792,640 ha, including not only compact plantations but also small orchards and scattered trees (687,640 ha for oil and 105,000 ha for table olives) with more than 160,000,000 olive trees under production (AASR, 2017).

Greece is the third olive-oil producer country in the world with an average production 320,000 instead of 300,000 tons per year with more than 85% extra virgin (HSA, 2015), while 29% of Greek farms are specialized in olive growing. Its production is more than doubled the last 50 years. This increase in production is attributed to a number of factors, like: a) new plantations, mainly established during 70's and 80's b) the intensification and mechanization as well as the use of external inputs and irrigation, c) improvements in olive cultivation and oil extraction technologies, d) the sufficient net income for olive growers comparing to other crops, due to the high subsidies through the CAP of the European Union) and the high olive-oil prices and e) the lack of opportunities for other crops due to agro-climatic and socioeconomic conditions.

The distribution of olive cultivation among regions is very uneven, while more than 58% of the total olive trees are grown in semi-mountainous and mountainous areas. Southern Greece (Crete and Peloponnese) produce about 50% of the total Greek olive oil, while other important regions are the Ionian Islands, Continental Greece and northern Aegean Islands. Greece is the one of the richest countries in the world in terms of autochtoonous olive cultivars. About 44 native cultivars have been recorded in the National Catalogue (YPAAT, 1992), although recent studies increase them to more than hundred (Kostelenos, 2010).



Figure 3. Olive growing in hilly areas

Olive planting systems in Greece include low-input and intensified traditional plantations and intensive plantations. After 2010 some super-intensive plantations have been installed in plains in mainland. Tree densities varies from 80-120 plants per ha in the low-input traditional plantations, 120-250 plants in the intensified traditional plantations and 200-360 plants or more in the most intensive new plantations.

Tree density and planting patterns depend partly on local tradition but water availability is also a determining factor: under rain-fed cultivation or lower rainfall, the tree density is lower. In recent years drip-irrigation has been introduced on a large scale, even in traditional plantations in hilly areas of Greece.

The main characteristics of olive culture in Greece are: a) the small average farm size (less than two ha), b) the utilization of hilly and mountainous areas and c) the need for irrigation (in southern regions of the country). Olive tree grows in poor, rocky or fertile soils, at elevation up to 900 m with annual rainfall rangin from 200-1000 mm. Since more than 70% of olive growing land belongs to hilly or mountainous areas (Figure 3), there are severe problems of soil erosion (30% of total land), when no proper management is practiced.

IMPACT ON ECONOMY AND THE ENVIRONMENT

Olive growing in Greece has a multi-functional use including agricultural (oil and table olive production), environmental (protect from erosion, as a forest is no susceptible to fire, etc) and social (keep farmers in marginal and hilly areas). About 480,000 holdings cultivate olives and for

many of them, the income from the olive oil and table olives is the sole income of the family. The olive oil consumption in Greece is the highest in the world, reaching 12.8 kg per capita for 2014, compared to 11.3 kg in Spain and 10.5 kg in Italy (https://ec.europa.eu /). There are 27 Protected Designation of Origin (PDO) and 10 Protected Geographical Indication (PGI) Greek Olive Oils. Many of these oils have won gold or silver prizes in international contests like Mario Solinas (IOC), LA International EVOO (Los Angeles, USA), NY International Olive Oil Competition (New York, USA), BIOL International (Italy), Great Taste Gold (UK), Der Feinschmecker (Germany), AVPA (Paris, France), ITQI (Brussels). According to Greek Statistical Authority (GSA) and Greek Olive Oil Exporters Association (SEVITEL) Greece for 2018 exported 164.329 tons of olive oil, of which 46,737 tons were labeled.

Table olive production in Greece fluctuates from 180,000 to 220,000 tons per year, representing 8% of the world production and 15-20% of the European Union total production (DOEPEL, 2018). There are more than 64,000 table olive farmers and more than100 companies for processing, packaging, marketing and exporting. Black olives ('Kalamata' and 'Konservolia' are more than 60% of the production. There are 10 Protected Designation of Origin (PDO) table olives.

Currently the main problems of olive growing in Greece are: a) the low prices of olive oil, b) the ineffective organization of standardization and marketing, c) the high cost of harvesting due to lack of mechanization, d) the small size of olive groves (80% are smaller than 5 ha and only 0.8% > than 20 ha) and in different sites, and e) the relatively big age of trees.

Greece has key advantages in the production of organic olive products. The olive tree is perfectly adjusted to the Greek environment and thanks to the right climate and soil conditions, the olive tree bears yields even in off years and given proper care, harvests are abundant. At the same time the model of organic production is in line with the fractured small-scale production typical in Greece. The family-run small businesses that form the backbone of Greek olive production are in a better position to meet the needs of the organic rather than conventional olive production, which requires a much larger scale of operation. Furthermore, organic olive oil farmers can also explore and capture the advantages offered by a great variety of terrains, which bring character and identity that makes a product unique and able to claim a higher price on the shelf.

The organic olive-growing output in Greece has grown from 22,000 tons to 132,000 tons in five years, accounting for an average of 8.7% of the country's total olives production in the period from 2013 to 2017. In 2019 the total organic olive orchards reached to 57,061 ha (YPPAT, 2019). It is estimated that there is potential for growth in sales of the domestic and international market, given that the current turnover is at a very low level, which leaves room for further development. Moreover, there is a condition to success for new entrants into the businesses of organic olive oil. In order to secure a foothold, small enterprises need to gear their sales to the export markets even more so than traders of conventional olive oil.

Olive harvest starts in October and continues till December or January, depending on the purpose (oil or table), the cultivar and the yield. In the past traditional olive harvest was done by hand, even in commercial orchards and this is almost the case for table olive cultivars today. This method is labor intensive, so the cost is high. For olive oil cultivars, different harvest methods have been adopted, depending on local olive variety characteristics, such as canopy formation and ease of fruit removal. Usually, olive fruits were beaten with sticks to fall down on the nets laid under the trees. For cv 'Mastoidis' fruits remained on the tree until to fall down on the nets. Since 1990 farmers use small harvesting machines to speed up the harvest (Figure 4). The harvesters consist of a small generator and a T-shaped long stick with elastic rubbers attached to the top part. This stick is connected with a cable to the generator and as soon as it is switched on, the top part of the stick rotates quickly with the rubbers beating the olives and causing their fall to the nets.


Figura 4 which is missing

The Institute for Olive Tree, Subtropical Plants and Viticulture is the leading research institution for olive tree and its products in Greece. Furthermore, research and education is carried out in the Agricultural University of Athens and other Departments of other universities. The Local Agricultural Directorates, the ELGO-DEMETER and training agencies organize training courses to disseminate research results and innovative techniques to farmers. Also, agronomists from Extension Agencies provide specific advice to farmers for best agricultural practices, policy measures and farm management. Furthermore, demonstration olive orchards are established in commercial farms to demonstrate the best orchard management practices for production of high quality and safe olive products.

The olive sector in Greece is constituted by big number of enterprises, not homogeneous in size and their activities. The production process of olive products (oil, table olives, etc) from the raw material up to processing and packing of final products includes various stages in each one from which are involved often different enterprises. There are more than 2000 olive mills in Greece of small to medium size, mostly family based or in cooperatives. The majority of olive mills (>60%) uses the 3-phase system, 30-35% the 2-phase system and less than 5% the traditional pressure system.


Figure 5. 'Dry-stone wall' in terraces

After extraction in the olive mills, olive oil is distributed for domestic consumption or exports. Only 27% of olive oil production is distributed as a branded product. Domestic consumption absorbs about two/thirds of olive oil production in Greece, of which 75% is in bulk form

(Mylonas et al., 2015). The limited branding is related to the high degree of self consumption, as Greek producers (small and dispersed) keep a significant part of their production for their relatives and friends and do not follow official channels. However, last 20 years a lot of EVOO producers have started to develop their brand names in order to enter to local and international market.

Olive oil and table olive production from farm management practices to the oil extraction at the olive mill and table olive processing is associated with a variety of positive and negative environmental implications on soil, water, biodiversity and landscape.

A positive effect of olive trees in hilly and mountainous areas is the prevention of soil erosion (Metzidakis and Chartzoulakis, 2001). To avoid erosion, terracing is the common practice for soil conservation and seasonal plowing, if applicable, is done perpendicular to the hill slope. In cases that no dry-stone wall was constructed between terraces (Figure 5), the wild vegetation and bushes are left in the separating edges, so preserving them from erosion. The common practice is to grow or allow growing, a cover crop during the rainy season (autumn to winter), where more than 70 % of the total annual rainfall occurs. So, it can grow well, taking the advantage of sufficient soil moisture available, reducing the run-off, which could facilitate soil erosion. The cover crop is grazed or cut early in the spring, before the problems for moisture competition arise (Figure 6). Erosion has been noticed in some areas due to inadequate protection, since intensive cultivation has minimized vegetation.

The olive growing has also an important role in mitigating the effect of climate change through the positive role in the atmospheric CO_2 fixation (Montanaro et al., 2018). There is also a positive environmental impact from the production of the compost using olive by-products, like pomace cake, leaves, pruning residues, etc., used for soil amendment and/or organic fertilizer for olive growing and other crops. Olive groves also provide an agricultural ecosystem to native insect and bird species.


Figure 6. Olive grazed orchard

However, the intensification of olive cultivation, mainly in plains is associated with environmental concerns including the over-application of chemical pesticides and fertilizers and soil compacting through the use of mechanized tilling. Furthermore, a negative environmental impact of olive growing, especially after the replacement of traditional olive mills with 3phase centrifugal extraction plants, is the production of huge amounts of wastewaters (OMW). These wastes are characterized by high pollution load (mainly organic) and cause negative

impacts on the environment (mainly to surface or groundwater). Although many management practices have been tested at mill level (aerobic, anaerobic, use of membranes, composting, etc.), their application in most cases is limited due to the high investment or running cost and the technological knowledge required. In the late 80's the evaporation ponds have been developed as an alternative for the disposal of OMW. However, despite of the low cost of this method, the odours produced cause serious problems in villages and touristic areas near the ponds, especially during summer. Controlled application of pre-treated row OMW on the soil of olive orchards, an environmental acceptable and economically feasible management, is used since 2017 in small-medium, family-based olive mills (Chartzoulakis et al. 2010).

The use of olive trees as ornamental plants has been recorded since ancient times in Greece. People have discovered the beauty of olives and use them as ornamental plants in gardens, parks, hotels and touristic resorts, edges of roads, external parts of museums, schools and universities till today. With a specific shape and size olive trees are used to decorate the entrance of many shops, the halls of big stores and hotels and houses.

OLIVE TRADITION AND CULTURE

In Greece olive tree is not merely a symbol of geography, of peace or of prosperity. Rather, it is an integral part of Greek culture. More than a mere natural feature of the landscape, the olive tree frequently becomes the landscape itself, defining its geography. Since prehistoric times the olive tree has shaped the relationship of the Greek people to their land, as well as impacting the economy in general. Over the centuries the olive tree has held a central symbolism of religious, art and culture. Olives and olive oil appear steadily over time in all aspects of Greek life, both individual and collective: religion, art, social and political events, sports and of course, gastronomy. Every aspect of Greek lifestyle, meets in the presence of abundant olive trees and fruits.



Figure 7. «Olive harvest», Painting on amphora of 6th century B.C, British Museum

In ancient Greece, the olive was famous for its benefits and usefulness, as shown by angiography and wall paintings in Crete and the mainland Greece (Figure 7). According to the Greek mythology, Hercules planted an olive tree, after completing the famous 12 labours. The olive is a favourite subject in Minoan Art. Olive trees, olive branches and olive blooms are depicted in many wall

paintings and relief works, found at the palace of Knossos (1600-1400 BC) "The dance in the Sacred Grove" and other scenes with olive foliage, blooming branch, branches and relief olives. It was considered a symbol of peace, wisdom, honourable dinstiction and victory. At the Olympic Games, that started in 776 B.C, ancient Greeks were crowning the winners with a wreath (*kotinos*) made of branches cutted off always from the same wild olive-tree, *Kallistephanos*, that was planted in the temple of Hera in Ancient Olympia, a tradition that relived during Athens 2004 Olympic games.

The Athenians represented Athena with an olive wreath on her helmet and an amphora with olive oil or an olive branch. One of the seven wonders of the ancient world, the gold statue of Zeus at Olympia, was crowned with olive branches. At that time, Thales of Miletus, used his astronomical observations to predict an excellent olive yield for 596 BC while Democritus studied the relationship between good olive yields and the positions of the stars, Olive oil had many uses in ancient Greece, differing according to social status.

Poor people did not consume olive oil while the rich were able to use olive oil in cooking, for cleaning their bodies and for lighting. The ancient Greeks applied olive oil on their bodies and hair as a smear matter of grooming and good health (Figure 8). Moreover, a popular use of olive oil in ancient Greece was for oiling athletes' bodies before exercise in the gymnasium and at games. Furthermore, at the Panathenea games (600 B.C), the winner's prize was a decorated amphora, full of olive-oil.



Figure 8. Use of olive oil by ancient Greeks.

The olive tree is the holy tree of all religions, from the days of idolatry up to the times when the monotheistic religions sprang up around the Mediterranean and particularly for the Christian faith. In Greek mythology, the goddess Athena gave to the citizens of Athens an olive tree to win the Neptune in a contest that was held among these two Gods, and elected patron of the city. The Orthodox Church use olive oil for its faithful, to cure and sanctify the soul and the body and as a weapon in the field of battle against evil and ammunition for eternal life. For the holy Baptism mystery, which marks the start of the path that will familiarise us with God, among the material elements of the sacrament are water and oil.

Ancient Greeks believed that virgin olive oil was beneficial to human health and recommended it for afflictions, such as dermatological problems, lacerations and burns, gynaecological ailment, inducement of vomit, ear infections and birth control, etc. According to the code established by

the father of medicine, Hippocrates, olive oil was held to be beneficial for over 60 therapeutic uses. When medicine was not enough to save the patient, olive oil was used in laying out the dead. Women washed the body and anointed it with olive oil or scented oils. Nowadays, medical science have proven all these beneficial effects of olive oil and olive products and many medicins or health supplements and cosmetics such as soaps, hand creams, body lotions, shampoos, nourishing and moisture creams, are based on olive products.

Homer and Pindarus, Aescylous and Sophocles have devoted unique lines to the olive tree, hymns to its existence and its offering. The olive tree is also a protagonist in modern Greek poetry and prose. Palamas, Ritsos, Sikelianos, Polemis, Seferis and Elytis do not fail to mention the olive tree 'with the wrinkles of our parents'. There are also many proverbs with reference to olive cultivation that stand for various meanings reminding us of how profound its bonds are with the life of people in the countryside. Moreover, there are also many popular expressions dealing with olive tree and olive oil charcterizing personal behaviour.

OLIVE AND TOURISTIC ACTIVITIES

The connection of olives to the Greek culture is shown in the museums dedicated to olive cultivation. The purpose of every museum, consequently olive museums is to preserve and highlight the aspects of olive cultivation in relation to the residents of each region, the way they cultivated olive trees, produced olive oil and also the technological progress in olive oil production. Olive museums are located in the islands of Lesvos, Corfu, Kephalonia, Thasos and Andros and in the mainland of Greece in Serres, Pylio and Sparta (www.oliveoilmuseums.gr).

In the island of Crete there are two museums. The first is located in Kapsaliana in Rethimno and the second one in Vouves, Chania (www.olivemuseumvouves.com), near to the ancient olive tree of Vouves (Figure 9), that is estimated to be more than 3,000 years old. Furthermore, since 1998 the "Olive Tree Routes" (www.olivetreeroute.gr) have been taking place with itineraries of culture and dialogue on the olive tree as a «bridge» from Messinia, Greece to the Mediterranean olive growing countries. Furthermore, traditional orchards with centuries old olive trees are an important pillar for the country's cultural heritage. That's why monumental olive trees are protected by Legislative Degree 996 of 1971 (Koniditsiotis. 2020). Many local communities all over the country have understood the importance of these olive trees to the history and traditions



Figure 9. Oldest olive tree in Vouves

of their land and started to protect and promote their existence. Recently appeared in the market premium EVOO coming from centuries old olive trees. Old olive orchards are now than ever becoming an attractive destination for tourists and a good source of income to their owners, who have established guest houses and restaurants to serve the increasing numbers of visitors.

There are many festivals that take place in olive growing areas where the visitors are able to come into contact with olive enterprises and institutions from across the country to learn through a series of actions such as corporate presentations, contests, tastings and high quality products produced by olive industry. More often the festivals are accompanied by traditional folklore music orchestras that sing songs related to olive cultivation. Furthermore, a new trend regarding the touristic development has been created in the past few years. This trend is actually a fusion of mild touristic activity and agriculture activities. Tourists can be hosted in villages that have kept their agricultural orientation; therefore the guests can participate in the cultivation of olive trees.

REFERENCES

Annual Agricultural Statistical Research: Year 2017, Press Bulletin, p.10

Chartzoulakis, K., Psarras, G., Moutsopoulou, M., Stefanoudaki, E. (2010): Application of olive mill wastewater to a Cretan olive orchard: Effects on soil properties, plant performance and the environment. Agriculture Ecosystem Environment, 138 (3-4), 293-298.

DOEPEL, (2018). Greek table olives. The treasure of Greek exports.

https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/plants-and-plant-products/plant-products/olive-oil_el

https://olivetreeroute.gr/wp-content/ uploads/Studies_Publications_017b.pdf

Hellenic Statistical Authority, http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE, (EL.STAT),

HSA, (2015): Statistics for Agriculture and Husbandry, Special Informative Edition, Hellenic Statistical Authority, Piraeus, 2015 https://www.statistics.gr/documents/20181/1800d348-ef0f-45da-9816-d187b54c387c

Faure, P. (1973): La vie quitidienne en Crete au temps de Minos Hachette, Paris

http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-SF-09-096/EN/KS-SF-09-096-EN.PDF

Foxhall L., (2007): Olive Cultivation in Ancient Greece. Seeking the Ancient Economy. Oxford: Oxford University Press, pp. xvii, 294; ISBN 978-0-19-815288-0

Lacroix, A. (1896): Les minéraux néogènes des scories plombeuses athéniennes du Laurium (Grèce). Comptes Rendus de l'Academie des Sciences de Paris, 123, 955-998.

Koniditsiotis, S. (2020): Registration and Promotion of Monumental Olive Trees in Greece. Journal of Social Sciences 7(4), 107-121.

Kostelenos, G. (2010): Elements of Olive Culture. History, description and geographical distribution of olive cultivars in Greece. Athens (in Greek).

Mantonaro, G., Nuzzo, V., Xiloyiannis, C., Dichio, B. (2018): Climate change mitigation and adaptation in agriculture: the case of olive. Journal of Water and Climate Change, 9(4), 633-642.

Metzidakis, I., Chartzoulakis, K. (2001): Soil conservation in olive orchards. A case study in Crete, Greece, in Proceedings of International Workshop on 'Land and Water Use for Sustainable Olive Growing', C.O.I., Naples, Italy, 289-295.

Mylonas, P., Voumvaki, J., Koutouzou, A., Sakkas, G,. Zampeli, E. (2015): Olive Oil: Establishing the Greek brand. Sectorial Report National Bank of Greece, Athens.

Sakellarakis, G. & E. (1997). Archanes, a new look at Minoan Crete. Athens, Greece (in Greek).

Trends in world olive consumption. https://www.oliveoilmarket.eu/trends-in-world-olive-oil-consumption/

Voyiatzi, C. Tamoutseli, K. Voyiatzis, D. Bakirtzi, O. (1997). The olive tree in ancient Greek life and art. Acta Horticulturae 474, 763-766.

http://www.minagric.gr/images/stories/docs/agrotis/Biologika/statist_fitikis2019.pdf

YPPAT, (1992). National Catalogue of cultivars of tree crops. Min. Dec. 39685, Gov. Gazette 628(2), 22-10-1992, Athens.

CAMBIOS EN LOS PIGMENTOS Y EL PERFIL COLORÍMETRICO DEL ACEITE DE OLIVA VIRGEN EXTRA DE LA VARIEDAD 'PICUAL' DURANTE SU CONSERVACIÓN EN CONDICIONES DE SUPERMERCADO.

Gila-Beltrán, Abraham*; Salazar-Sierra, Marta; Aguilera-Herrera, María Paz; Sánchez-Ortiz, Araceli; Jiménez-Márquez, Antonio; Beltrán-Maza, Gabriel.
IFAPA 'Venta del Llano' Mengíbar (Jaén),
*email: abrahanm.gila@juntadeandalucia.es

RESUMEN: En un lineal de supermercado, en primer lugar, el color del aceite de oliva virgen extra (AOVE) va influir decisivamente en la aceptación y la elección del producto por parte del consumidor, aunque este atributo no determina su calidad final. El color de los aceites de oliva está determinado por dos grupos de pigmentos, carotenoides y clorofílicos. La degradación de estos pigmentos durante el almacenamiento afecta al color del aceite, por lo que las condiciones de almacenamiento van a influir directamente en el color durante su conservación. El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto del filtrado y la luz sobre el contenido en pigmentos y color del AOVE de la variedad 'Picual' durante 6 meses de almacenamiento en condiciones de un supermercado. Las muestras expuestas a la luz (envase transparente) mostraron cambios más notables en su color, debido a una mayor degradación de los pigmentos, principalmente a la rápida foto-degradación de las clorofilas. En este envase transparente, los pigmentos carotenoides se degradaron más cuando aceite se almacenó sin filtrar, mientras que las clorofilas presentaron pérdidas del 39% en aceite sin filtrar y del 64% en aceite filtrado. Inicialmente, el filtrado del aceite aumentó los valores colorimétricos L^* y b^*, mientras que disminuyó el valor de a^*, debido a la eliminación de la humedad y las impurezas. Durante el almacenamiento, los parámetros L^* y b^* aumentaron tanto en el aceite filtrado como sin filtrar, sin embargo, el incremento de estos parámetros fue mayor en los envases transparentes. El valor de a^*, en general, disminuyó sus valores a lo largo del almacenamiento, excepto en el aceite filtrado en presencia de luz, que inicialmente fue estable, pero a partir del cuarto mes tendió a aumentar. Por tanto, el AOVE a filtrado y envasado en botella oscura fue la mejor opción para conservar su contenido de pigmentos y el color original.

PALABRAS CLAVE: Aceite de oliva virgen extra, Pigmentos, Color, Filtración, Luz, Almacenamiento.

ABSTRACT: In a supermarket shelf, in the first place, the color of olive oil will decisively influence the acceptance and choice of the product by the consumer, although this attribute does not determine the final oil quality. The color of olive oils is determined by two groups of pigments, carotenoids and chlorophylls. The degradation of these pigments during storage affects oils colour, therefore the storage conditions will directly influence in the oils color during their conservation. The aim of this work was to study the effect of the filtration and the light exposure on the pigments content and color of the extra virgin olive oil of the 'Picual' variety during storage 6 months under

supermarket conditions. The samples exposed to light exhibited (transparent bottle) higher pronounced changes in their colour, due to a higher degradation of the pigments, mainly due to the fast photo-degradation of chlorophylls. In this transparent container, a higher degradation of the carotenoid pigments was observed when oil was storage unfiltered, while the chlorophylls in the presence of light, presented losses of 39% in unfiltered oil and of 64% for the filtered oil. Initially, the oil filtering increased the colorimetric values of L^* and b^*, while decreased the value of a^*, due to removal of the moisture and the solid impurities. During the storage, the color parameter L^* and b^* increased both in the filtered and unfiltered oil, however, the increase of these parameters was higher in the transparent bottles. In general, the value of a^* decreased during storage, except the filtered oil in presence of light, that was initially stable and it tended to increase from the fourth month. Therefore, filtered extra virgin olive oil and packaged in dark bottle was the better option to preserve their pigments content and the original colour.

KEYWORDS: Extra virgin olive oil, Pigments, Colour, Filtration, Light, Storage.

1. INTRODUCCIÓN

Los aceites de oliva vírgenes se obtiene exclusivamente del fruto del olivo (*Olea europaea L.*) mediante procesos mecánicos y físicos (IOC, 2019), siendo unos de los pocos aceites vegetales consumidos en su estado natural. Por su composición, alto contenido en ácidos grasos monoinsaturados y compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes, el consumo de aceite de oliva como grasa vegetal dentro de la dieta mediterránea se considera hoy en día beneficioso para la salud humana (Velasco and Dobarganes, 2002; Escrich et al., 2006; Estruch et al., 2006; Quiles et al., 2006).

Entre las categorías de aceites de oliva vírgenes, el aceite de oliva virgen extra (AOVE) es el más apreciado por el consumidor, principalmente por sus características sensoriales, que dependen de su contenido en componentes minoritarios, como compuestos fenólicos y volátiles (Bendini et al., 2012; Sánchez-Ortiz et al. 2013). Sin embargo, en primer lugar, no cabe duda, que los consumidores en general juzgan los alimentos según su apariencia externa (color, textura, forma, etc.), por lo que la primera valoración visual de un alimento va a influir de manera decisiva en su elección final. En los aceites de oliva, el color es un atributo visual importante que va influir decisivamente en su aceptación por parte del consumidor (Moyano et al., 2010), aunque este parámetro no determina la calidad final del aceite, de hecho el color no es valorado dentro del procedimiento oficial de valoración organoléptica y clasificación de los aceites de oliva vírgenes (IOC, 2018).

El color de los aceites de oliva vírgenes puede variar de verde oscuro a amarillo pálido y se debe principalmente a dos tipos de pigmentos naturales, pigmentos carotenoides y clorofílicos (Gandul-Rojas et al., 2000). Los pigmentos clorofílicos son los responsables del verdor de los aceites, mientras que los pigmentos carotenoides explican el color amarillento. Los niveles de estos

pigmentos en los aceites, se ven afectados principalmente por factores genéticos y por el grado de maduración del fruto (Beltrán et al., 2008; Ramírez et al., 2015). Inicialmente, estos pigmentos se encuentran en el fruto y se transfieren al aceite durante el proceso de molienda y batido de las pastas de aceitunas, por lo que las condiciones de procesado van a influir también en el contenido final de estos compuestos en los aceites (Criado et al., 2007). El contenido tanto de pigmentos clorofílicos como de pigmentos carotenoides en los aceites de oliva vírgenes, normalmente se encuentra entre 1 y 20 mg/kg (Gómez-Rico et al., 2007; Giuliani et al., 2011), aunque estos valores pueden ser mayores cuando los aceites son obtenidos de frutos tempranos.

En los aceites de oliva vírgenes, se puede encontrar tanto 'clorofila a' de color verde azulado, como 'clorofila b' de color verde amarillento, además de otros pigmentos clorofílicos como: feofitinas, clorofílidas, feofórbidas, pirofeofitinas, clorinas, rodinas y purpurinas (Mínguez-Mosquera, 1997). Además de ser responsables del color verde de los aceites, las clorofilas actúan como pro-oxidantes en presencia de la luz y como antioxidantes en la oscuridad, lo que les confieren un papel importante en la conservación del aceite de oliva (Psomiadou and Tsimidou, 2002; Giuliani et al., 2011; Rigane et al., 2013).

Los pigmentos carotenoides, asimismo, se pueden dividir en dos grandes grupos (Mínguez-Mosquera, 1997): los carotenos (que contienen solo carbono e hidrógeno, como el α-caroteno y β-caroteno) y xantofilas (carotenoides que también contienen funciones oxigenadas, como anteraxantina, β-criptoxantina, lutenina, luteoxantina, mutatoxantina, violaxantina entre otros). Dentro de este grupo de pigmentos que dan el color amarillo al aceite, el más abundante es el β-caroteno, que además de ser precursor de la provitamina A y tener con propiedades antioxidantes, ejerce una protección importante contra la foto-oxidación y juega un papel fundamental en la desactivación del oxígeno singlete producido por la clorofila en presencia de luz (Bradley and Min, 1992). En este sentido, mientras que los carotenoides son bastante estables frente a la luz, calor o la presencia de oxígeno, las clorofilas son muy lábiles, es decir, se degradan más fácilmente frente a estos factores (Aparicio-Ruiz et al., 2010; Aparicio-Ruiz et al., 2011; Aparicio-Ruiz et al., 2012; Lazzerini et al., 2016).

Por otro lado, tras su elaboración y cierto tiempo de almacenamiento, el AOVE es envasado para su comercialización. Antes del envasado, normalmente los aceites son filtrados, con el objetivo de eliminar la humedad e impurezas que están aún en suspensión en el aceite. De esta forma, los aceites adquieren un aspecto limpio y brillante, aunque la filtración también puede provocar cambios en su composición, como en el contenido de compuestos volátiles, fenoles o el color del aceite, y por lo tanto en los pigmentos (Bubola et al., 2015; Vidal et al., 2019).

El proceso de filtrado no es obligatorio para su envasado, por lo que en el mercado se puede encontrar AOVE sin filtrar, que presentan un aspecto turbio o 'nublado', debido a la presencia aún de agua emulsionada e impurezas en suspensión, y cuyo límite está fijado por las normas

comerciales (IOC, 2019). El AOVE sin filtrar, es muy apreciado por los consumidores, ya que los considera menos procesado, más saludable y de características sensoriales diferentes. Sin embargo, esta condición de emulsión solo persiste durante varios meses antes de convertirse en una fase separada o depósito, es decir, un residuo de color marrón que se deposita en el fondo del recipiente y suele ser inaceptable para los consumidores (Lercker et al., 1994).

Los aceites de oliva vírgenes se caracterizan también por tener una alta resistencia al deterioro oxidativo debido principalmente a su composición de ácidos grasos, caracterizada por una alta relación de ácidos grasos monoinsaturados a poliinsaturados, y a un grupo de compuestos minoritarios que poseen actividad antioxidante y propiedades bioactivas (Velasco and Dobarganes, 2002). Sin embargo, a pesar de sus propiedades antioxidantes, durante el almacenamiento el AOVE sufre degradaciones oxidativas e hidrolíticas, que son la principal causa del deterioro de la calidad del aceite y disminución de muchos sus componentes minoritarios que lo componen (Morelló et al., 2004). El cambio del color del aceite durante su conservación es inevitable, debido a la degradación de sus pigmentos. Sin embargo, las condiciones de almacenamiento (temperatura, luz, oxigeno, trazas de agua e impurezas orgánicas, etc.) van a influir directamente sobre pérdida de estos compuestos (Aparicio-Ruiz et al., 2010; Aparicio-Ruiz et al., 2011; Aparicio-Ruiz et al., 2012; Lazzerini et al., 2016).

El objetivo este trabajo es evaluar el efecto de la filtración y la exposición a la luz sobre el contenido en pigmentos y color del AOVE de la variedad 'Picual' durante 6 meses de almacenamiento en condiciones de un supermercado.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Material vegetal.

Se utilizó un aceite de oliva virgen extra de la variedad "Picual" elaborado en la almazara experimental del Centro IFAPA "Venta del Llano" de Mengíbar (Jaén) durante la campaña 2020-2021. Para ello, se tomaron aproximadamente 21 L aceite (sin filtrar) directamente del depósito de almacenamiento.

2.2 Diseño Experimental.

Se filtró la mitad del aceite de partida (10,5L) para poder comparar la evolución en aceite filtrado (F) y sin filtrar (SF). Posteriormente, cada uno de los aceites se envasó manualmente por triplicado en botellas de vidrio de 250 mL modelo Marasca (Vidrierías Pérez – Campos, España), tanto en botellas transparentes (T) como en opacas (O), generándose un total de 84 muestras, 42 muestras filtradas (24 en envase T y 24 en envase O) y 42 muestras sin filtrar (24 en envase T y 24 en envase O).

Los aceites una vez embotellados, se colocaron y se agruparon en 4 lotes de 21 botellas correspondientes a cada uno de los tratamientos estudiados (Filtrado transparente, F/T; Filtrado opaco, F/O; Sin filtrar transparente, SF/T; Sin filtrar opaco SF/O), en una sala acondicionada para simular las condiciones (luminosidad y temperatura) de un lineal de un supermercado.

Para la iluminación, se instalaron dos placas luminosas de 44W con una intensidad lumínica de 3950-4090 lúmenes del Grupo Prolux (Mod. Planet 601), para obtener una intensidad lumínica en la sala de 1000 lúmenes por m^2 aproximadamente, y se programó para que mantuvieran encendidas durante 12 horas al día ininterrumpidamente. Además, durante todo el almacenamiento, la temperatura de la sala se mantuvo constante a 22 ± 2°C con un sistema de aire acondicionado del Grupo General (mod. ASHA12LACM).

Los aceites se almacenaron durante 6 meses, desde inicio de Marzo (Tiempo 0 meses, T0) de 2021 hasta inicio de Septiembre de 2021 (Tiempo 6 meses, T6), tomando muestras con una periodicidad de 1 mes desde el inicio del almacenamiento (T0, T1, T2, T3, T4, T5 y T6).

En cada tiempo de muestro, se seleccionaron 3 botellas de la parte delantera de cada lote (como si de un lineal de supermercado se tratase), de cada uno de los tratamientos estudiados (estado de filtración y tipo de envase), seleccionándose un total de 12 botellas por tiempo de muestreo.

Una vez seleccionadas las muestras, se determinó el contenido en pigmentos (carotenos y clorofilas) y se analizó el color instrumental de los aceites mediante colorimetría en cada tiempo de muestreo.

2.3 Determinaciones analíticas

2.3.1 Pigmentos

El contenido en los pigmentos carotenoides y clorofílicos se determinó midiendo la absorbancia del aceite pesado y disuelto en ciclohexano a 470 y 670nm como lo describe Mínguez-Mosquera et al. (1990) Los resultados se expresaron en mg kg^{-1}.

2.3.2. Colorimetría

El color de los aceites se determinó con un colorímetro (CR-410 Chroma Meter; Konika Minolta, Osaka, Japón). Las medidas de color se llevaron a cabo con una altura de muestra de 10 mm de espesor. Para ello, se utilizó un vaso cilíndrico de borosilicato (Hellma-Analytics) de 60 mm de diámetro y 60 mm de altura. El color instrumental (L^*, a^* y b^*) se detectó empleando un fondo blanco. Además se determinó diferencia de color (ΔE) de los aceites a los 6 meses de almacenamiento con respecto a su color inicial (Tiempo 0) mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

siendo;
ΔE^* = diferencia de color total del AOVE entre ente t6 (6 meses) y t0 (0 meses)
$\Delta L^* = L^*_{t6} - L^*_{t0}$
$\Delta a^* = a^*_{t6} - a^*_{t0}$
$\Delta L^* = b^*_{t6} - b^*_{t0}$

2.3 Análisis estadístico.

Los resultados se expresan como el valor medio ± desviación estándar (sd). El análisis de la varianza (ANOVA) se realizó con el programa Statistix 9.0. La comparación de medias se realiza por el test de Tukey para un nivel de significancia inferior o igual a 0,05. Mediante el análisis estadístico se determinó las diferencias existentes entre los distintos tratamientos de almacenamiento estudiados (Filtrado transparente, F/T; Filtrado opaco, F/O; Sin filtrar transparente, SF/T; Sin filtrar opaco SF/O) para cada uno de los tiempos de almacenamiento.

3. RESULTADOS

En la Tabla 1, se muestra el contenido en pigmentos (carotenoides y clorofílicos) y los valores colorimétricos L^*, a^* y b^* del AOVE utilizado en este estudio tanto filtrado como sin filtrar al inicio del ensayo. Inicialmente, el contenido de los pigmentos clorofílicos (18.0 mg/kg) fue superior al contenido en carotenos (12.7 mg/kg), lo que explica que visualmente el AOVE presentara una tonalidad verdosa al inicio del estudio de almacenamiento (Mínguez-Mosquera, 1997; Gandul-Rojas et al., 2000).

Tabla 1. Contenido en pigmentos y parámetros de color del AOVE al inicio del ensayo.

Tiempo 0 (meses)	*Pigmentos*		*Parámetros colorimétricos*		
AOVE	Carotenoides (mg/kg)	Clorofílicos (mg/kg)	L^*	a^*	b^*
Filtrado	12.7±0.33	18.0±0.49	49.4±0.05^a	-1.6±0.05^b	35.1±0.19^a
Sin filtrar			40.2±0.12^b	0.9±0.01^a	19.2±0.08^b

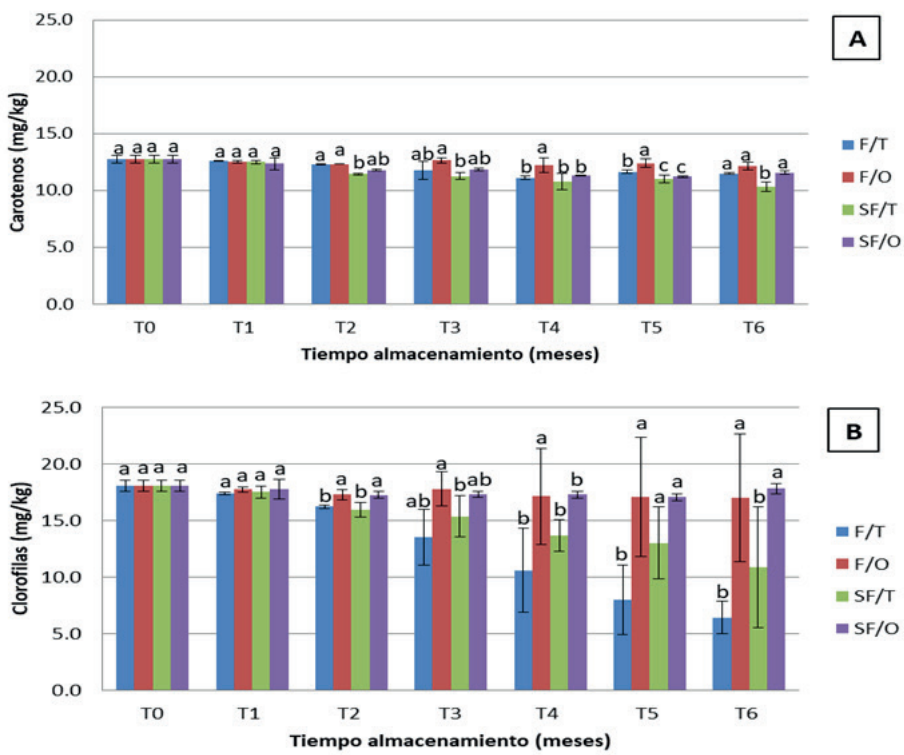
Fuente: elaboración propia (media±sd; n=3)

El filtrado del aceite afectó al color del aceite (Tabla 1), presentando diferencias significativas en todos los parámetros colorimétricos analizados. El parámetro L^* que corresponde a la luminosidad, también llamada claridad, indica el aspecto luminoso del color estudiado, es decir, cuanto más oscuro es el color, la luminosidad es más débil y viceversa. La eliminación del contenido en humedad emulsionada y las partículas sólidas en suspensión mediante filtrado, aumenta la luminosidad del aceite, por lo que el aceite filtrado (L^*=49.4) es más luminoso a su homólogo sin filtrar (L^*=40.2). La coordenada cromática a^*, correspondiente a los tonos de color verde (-) y rojo (+), disminuyó su valor tras ser filtrado. Aunque los valores de a^* estuvieron cercanos a 0, el aceite filtrado presentó valores negativos (a^*=-1.6), mientras que el aceite sin filtrar mostró valores positivos (a^*=+0.9) al inicio del almacenamiento. Por el contrario, la otra coordenada cromática

*b**, que representa el color azul (-) y color amarillo (+), incrementó su valor en el aceite tras ser filtrado. Tanto el aceite filtrado (*b**=+35.1) como sin filtrar (*b**=+19.2), inicialmente presentaron valores positivos.

En todos los tratamientos de almacenamiento, el contenido en pigmentos disminuyó (Figura 1), sin embargo, lo hicieron de forma diferente en función del tipo del envase y estado de filtrado.

Figura 1. Evolución del contenido en pigmentos carotenoides (A) y clorofílicos (B) del AOVE durante 6 meses de almacenamiento en condiciones de supermercado: (F) aceite filtrado, (SF) aceite sin filtrar, (T) envase transparente y (O) envase opaco. (Media ± sd; n=3)



Fuente: elaboración propia.

En general, en la Figura 1 se puede observar como la luz es el factor que más afecta a la degradación de los pigmentos, ya que el contenido en estos compuestos fue menor en el AOVE almacenado en los envases transparentes tras 6 meses de almacenamiento. Este descenso fue más notable en los pigmentos clorofílicos (Figura 1.B), debido principalmente a que son más sensibles a la foto-oxidación en presencia de luz, mientras que los pigmentos carotenoides (Figura 1.A) tienen un comportamiento más estable gracias a sus propiedades antioxidantes (Bradley and Min, 1992; Psomiadou and Tsimidou, 2002; Giuliani et al. 2011).

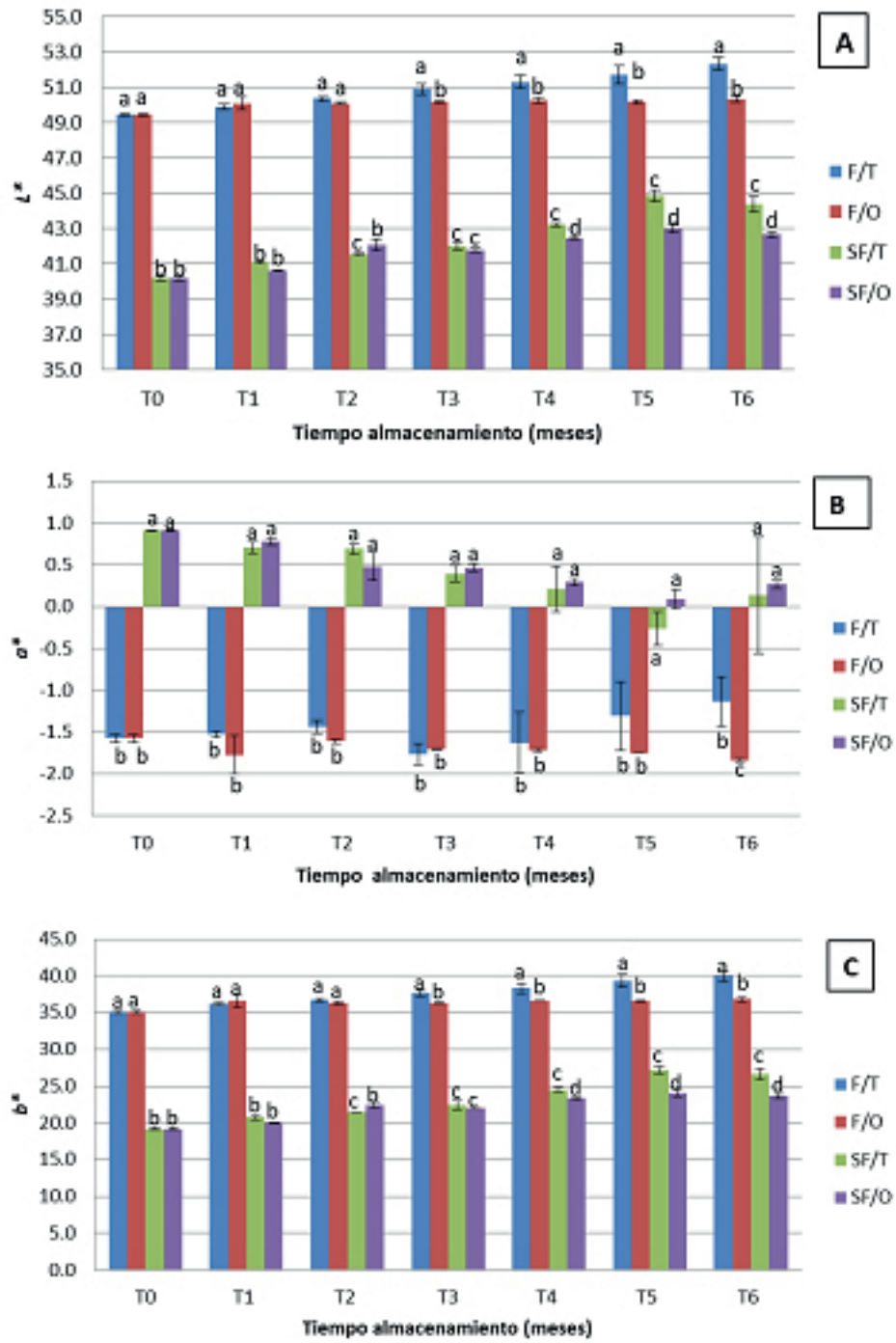
En los envases transparentes, los pigmentos carotenoides se degradaron más cuando aceite se almacenó sin filtrar, con un descenso del 19% tras 6 meses de almacenamiento, mientras que solo se observó una pérdida del 10% de estos compuestos en los aceites filtrados en estos mismos envases. Por el contrario, en presencia de luz, entorno al 64% de los pigmentos clorofílicos se perdieron en el aceite filtrado, si bien solo un 39% cuando el aceite se almacenó sin filtrar. EL AOVE conservado en envases opacos presentaron los mayores niveles de pigmentos, no observándose diferencias significativas entre el aceite filtrado y sin filtrar tras 6 meses de almacenamiento.

La Figura 2 muestra la evolución de los parámetros colorimétricos (*L, a** y *b**) del AOVE envasado tanto filtrado como sin filtrar en presencia y ausencia de luz durante los 6 meses de almacenamiento. Como se puede observar, aunque el filtrado del aceite cambio los valores iniciales de colorimetría estudiados, la evolución de estos parámetros ha sido diferente durante el almacenamiento.

Él valor de la luminosidad *L** (Figura 2.A) aumentó durante el almacenamiento como efecto de la degradación de la pigmentos de aceite (Sikorska e tal. 2007). En este sentido, tanto en el AOVE filtrado como sin filtrar, *L** presentó valores mayores en los aceites conservados en envases transparentes con respecto a los envases opacos, mostrando diferencias significativas a partir de los 4 meses de almacenamiento en ambos casos.

En cuanto al parámetro de color *a** (Figura 2.B), la tendencia general fue una ligera disminución de su valor a lo largo del almacenamiento en todas las condiciones de almacenamiento estudiados, excepto en el AOVE filtrado conservado en presencia de luz, que se mostró estable inicialmente, pero aumentó su valor a partir del cuarto mes de almacenamiento. Los pigmentos clorofílicos son responsables del color verde de los aceites, sin embargo, las clorofilas se degradan en otros compuestos como las feofitinas, los cuales pueden presentar otras coloraciones, que a la vez pueden derivar en otros compuestos diferentes con un estado de degradación más avanzado. Como por ejemplo, la feofitina a que presenta una color gris-marrón y procede de la degradación de la clorofila a con color verde-azulado, mientras que la feofitina b de color verde oliva, se forma de la degradación de la clorofila b con color verde-amarillento (Moyano et al. 2010). Por lo que la degradación de las clorofilas en otros compuestos, en función del estado de degradación, podría explicar los cambios de color en el parámetro *a**.

Figura 2. Evolución de los parámetros colorimétricos *L** (2.A), *a** (2.B) y *b** (2.C) del AOVE durante 6 meses de almacenamiento en condiciones de supermercado: (F) aceite filtrado, (SF) aceite sin filtrar, (T) envase transparente y (O) envase opaco. (Media ± sd; n=3)



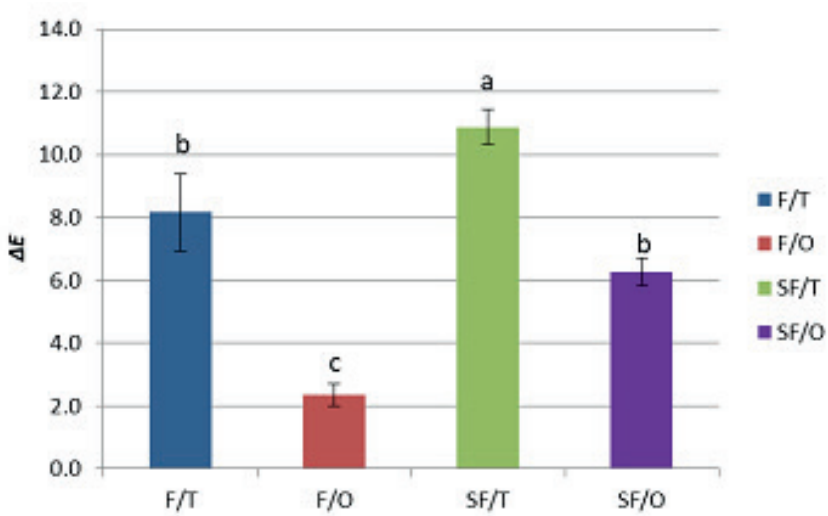
Fuente: elaboración propia.

Por el contrario, la coordenada cromática b^* (Figura 2.C) aumentó su valor a lo largo del periodo de almacenamiento tanto en el aceite filtrado como sin filtrar e independientemente del

envase empleado. Al igual que la luminosidad, a partir del mes 4 de almacenamiento diferencias significativas se observaron en este parámetro colorímetro, entre los envases transparentes y opacos tanto en el aceite filtrado como sin filtrar. Este aumento de b^*, indicador del color amarillo, podría asociarse a una mayor tasa de degradación de pigmentos clorofílicos (responsables del color verde) con respecto los pigmentos carotenoides. En este sentido, al desaparecer el color verde más rápidamente por la pérdida de clorofilas, los aceites mostraron tonalidades de color amarillas debido a la presencia de pigmentos carotenoides más resistentes a la degradación. Estos resultados difieren a los trabajos descritos por Sikorska et al. (2007), en los que se evaluó los cambios de color en AOVE de la variedad 'Coratina' durante 12 meses de almacenamiento, en los cuales al contrario, el valor de a^* incrementó y el de b^* disminuyó, pero si se observó un aumento de L^*.

En la Figura 3 se representa la diferencia de color total (ΔE) de los aceites tras 6 meses (T6) de conservación con respecto a su color inicial (T0). Como se puede observar, de acuerdo al parámetro ΔE, el mayor cambio de color se produce en los aceites conservados con presencia de luz, es decir, en envases transparentes. Además, se puede observar que para un mismo tipo de envase, el cambio de color fue mayor en el aceite sin filtrar. Por lo que, de acuerdo con estos resultados, el menor cambio de color del aceite se produce en envases opacos cuando en aceite filtrado, que coincide con una menor degradación de los pigmentos presentes en el AOVE en estas condiciones de almacenamiento.

Figura 3. Cambio de color (ΔE) del AOVE tras 6 meses de almacenamiento en condiciones de supermercado. (F) aceite filtrado, (SF) aceite sin filtrar, (T) envase transparente y (O) envase opaco. (Media ± sd; n=3)



Fuente: elaboración propia.

Por último, como se ha comentado anteriormente, la luz es uno de los factores que más influye en la degradación de los pigmentos y cambios de color del AOVE, ya que es la responsable de los procesos de foto-oxidación. Pero cabe mencionar también, que en este estudio se ha observado visualmente que incluso en un mismo lineal en un supermercado, la posición en la que se situé el envase va a influir en la degradación de los pigmentos del aceite y por tanto en la variación de color durante el tiempo que están expuestos a la venta en el supermercado, más notablemente en los pigmentos clorofílicos y el parámetro colorimétrico a^* relacionados con el color verde. Como se puede observar en la Figura 1.B y 2.B, la desviación estándar (sd) del valor promedio esperado de los triplicados (representadas como la barra de error en los gráficos), ha sido baja en los primeros tiempos del almacenamiento, sin embargo estas han ido aumentando de tamaño a lo largo almacenamiento. Una desviación estándar alta indica un amplio rango de posibles valores relativos al valor promedio esperado. El aumento de la desviación estándar podría ser debido a que la incidencia de la luz durante el almacenamiento ha sido diferente en cada una de las botellas. Por un lado, las botellas situadas en la primera fila han estado expuestas a la luz más directa, mientras que las de filas posteriores y centrales han estado menos expuestas a la luz, ya que han sido sombreadas por las botellas que tenían por delante y su alrededor. Además, posiblemente este aumento de la desviación estándar también se ha podido acentuar por el tipo de muestreo no aleatorio que se ha llevado a cabo en el ensayo (siempre se han tomado las muestras situadas en la parte delantera en cada tiempo de muestreo) para intentar simular las condiciones de un supermercado.

4. CONCLUSIONES

En definitiva, el contenido de pigmentos y el color del AOVE se ve influenciado por la presencia de luz y el filtrado. En un lineal de supermercado, para conservar el contenido en pigmentos y el color inicial del AOVE, debe hacerse filtrado y en envases que garanticen protección frente a la luz. Por lo que, almacenar el AOVE envase transparente, sería la peor opción para conservar los pigmentos y el color del aceite en un lineal de supermercado.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aparicio-Ruiz, R., Minguez-Mosquera, M.I., Gandul-Rojas, B. (2010): «Thermal degradation kinetics of chlorophyll pigments in virgin olive oils. 1. Compounds of series a», *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 6200-6208.

- Aparicio-Ruiz, R., Gandul-Rojas, B. (2012): «Thermal Degradation Kinetics of Neoxanthin, Violaxanthin, and Antheraxanthin in Virgin Olive Oils», *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* 60, 5180-5195.

- Aparicio-Ruiz, R., Minguez-Mosquera, M.I., Gandul-Rojas, B. (2011): «Thermal degradation kinetics of lutein, β-carotene and β-cryptoxanthin pigments in virgin olive oils», *Journal of Food Composition and Analysis*, 24, 811-820.

- Beltrán, G., Uceda, M., Hermoso, L., Frías. (2008): «Maduración», en Barranco, D., Fernández-Escobar, R., Rallo, L. (ed.) *El cultivo del olivo. 6ª Edición*, Madrid, Ediciones Mundi-Prensa, 163-187.

- Bendini, A., Valli, E., Barbieri, S., Toschi, T.G. (2012): «Sensory Analysis of Virgin Olive Oil», en Boskou, D. (ed.) *Olive Oil - Constituents, Quality, Health Properties and Bioconversions*, IntechOpen, 109-130. https://doi.org/10.5772/29650

- Bradley, D.G., Min, D.B. (1992): «Singlet oxygen oxidation of foods», *Critical reviews in food science and nutrition*, 31, 211-36.

- Bubola, K.B., Koprivnjak, O. (2015): «Influence of filtration on composition of olive oils», en V. Preedy, (ed.) *Processing and Impact on Active Components in Food*, San Diego, Academic Press, 259-265.

- Criado, M.N., Romero, M.P., Motilva, M.J. (2007): «Effect of the Technological and Agronomical Factors on Pigment Transfer during Olive Oil Extraction», *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 5681-5688.

- Escrich, E., Ramirez-Tortosa, M.C., Sánchez-Rovira, P., Colomer, R., Solanas, M., Gaforio, J. J. (2006): «Olive oil in cancer prevention and progression», *Nutrition Reviews*, 64, 40-52.

- Estruch, R., Martínez-González, M.A., Corella, D., Salas-Salvadó, J., Ruiz-Gutierrez, V., Covas, M. I., Fiol, M., Gómez-Garcia, E., López-Sabater, M. C., Vinyoles, E., Arós, F., Conde, M., Lahoz, C., Lapetra, J., Sáez, G., Ros, E. (2006): «Effects of a Mediterranean style diet on cardiovascular risk factors. A randomized trial», *Annals of Internal Medicine,* 145, 1-11.

- Gandul-Rojas, B., Cepero, M.R.L., Mínguez-Mosquera, M.I. (2000): «Use of chlorophyll and carotenoid pigment composition to determine authenticity of virgin olive oil», *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 77, 853-858.

- Garrido, J., Grandul, B., Gallardu, L., Minguez, M.J., Pereda, J. (1990): «Composición clorofílica y carotenoides del aceite de oliva virgen. Valor en provitamina A», *Grasas y Aceites*, 41, 410-417.

- Giuliani, A., Cerretani, L., Cichelli, A. (2011): «Chlorophylls in olive and in olive oil: chemistry and occurrences», *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51, 678-90.

- Gómez-Rico, A., Salvador, M.D., Moriana, A., Pérez, D., Olmedilla, N., Ribas, F., Fregapane, G. (2007): «Influence of different irrigation strategies in a traditional Cornicabra cv. olive orchard on virgin olive oil composition and quality», *Food Chemistry*, 100, 568-578.

- Internacional Olive Council, (2018): «*Sensory analysis of olive oil. Method for the organoleptic assessment of virgin olive oil*», COI/T.20/Doc.No15/Rev.10. <https://www.internationaloliveoil.org/wp-content/uploads/2019/11/COI-T20-Doc.-15-REV-10-2018-Eng.pdf>.

- Internacional Olive Council, (2019): «Trade standard applying to olive oils and olive pomace oils», COI/T.15/NCNo3/Rev.14.<https://www.internationaloliveoil.org/wpcontent/uploads/2019/12/trade-standard-REV-14-Eng.pdf>.

- Lazzerini, C., Cifelli, M., Domenici, V. (2016): «Pigments in Extra-Virgin Olive Oil: Authenticity and Quality», en Boskou D., Clodoveo M.L., (eds.) *Production of Olive Tree*. Rijeka, InTech, 95-114.

- Lercker, G., Frega, N., Bocci, F., Servidio, G. (1994): «"Veiled" extra-virgin olive oils: Dispersion response related to oil quality», *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 71, 657-658.

- Mínguez, M.I., Gandul, B., Garrido, J., Gallardo, L. (1990): «Pigments present in virgin olive oil», *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 67, 192-6.

- Mínguez-Mosquera, M.I. (1997): «*Clorofilas y carotenoides en tecnología de alimentos*», Sevilla, Secretariado de publicaciones de la Universidad de Sevilla.

- Morelló, J.R., Motiva, M.J., Tovar, M.J., Romero, M.P. (2004): «Changes in commercial virgin olive oil (cv.Arbequina) during storage, with special emphasis on the phenolic fraction», *Food Chemistry*, 85, 357-364.

- Moyano, M.J., Heredia, F.J., Meléndez-Martínez, A.J. (2010): «The color of olive oils: The pigments and their likely health benefits and visual and instrumental methods of analysis», *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9, 278-291.

- Psomiadou, E., Tsimidou, M. (2002): Stability of virgin olive oil. 2. «Photo-oxidation studies», *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 722-7.

- Quiles, J.L., Ochoa, J.J., Ramirez-Tortosa, M.C., Huertas, J.R., Mataix, J. (2006): «Age related mitochondrial DNA deletion in rat liver depends on dietary fat unsaturation», *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 61, 107-114.

- Ramirez, E., Gandul-Rojas, B., Romero, C., Brenes, M., Guerrero, L.G. (2015): «Composition of pigments and colour changes in green table olives related to processing type», *Food Chemistry*, 66, 115-124.

- Rigane, G., Bouaziz, M., Sayadi, S., Salem, R. (2013): «Effect of storage on refined olive oil composition: stabilization by addition of chlorophyll pigments and squalene», *Journal of Oleo Science*, 62, 981-987.

- Sánchez-Ortiz, A., Pérez, A.G., Sanz, C. (2013): «Synthesis of aroma compounds of virgin olive oil: Significance of the cleavage of polyunsaturated fatty acid hydroperoxides during the oil extraction process», *Food Research International*, 54, 1972-1978.

- Sikorska, E., Caponio, F., Bilancia, M.T., Summo, C., Pasqualone, A., Khmelinskii, I.V., Sikorski, M. (2007): «Changes in colour of extra-virgin olive oil during storage», *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 57, 495-498.

- Velasco, J. Dobarganes, C. (2002): «Oxidative stability of virgin olive oil», *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104, 661-676.

- Vidal, A.M., Alcalá, S., de Torres, A., Moya, M., Espínola, F. (2019): «Centrifugation, Storage, and Filtration of Olive Oil in an Oil Mill: Effect on the Quality and Content of Minority Compounds», *Journal of Food Quality,* 2019, 1-7.

UN CÍRCULO QUE SE CIERRA: DE LA MULTIFUNCIONALIDAD DE LOS ESQUILMOS DEL OLIVO EN LA ECONOMÍA ORGÁNICA AL RETO DE LA FUNCIÓN DEL OLIVAR DE MONTAÑA EN LA MULTIFUNCIONALIDAD DE LA EXPLOTACIÓN AGRARIA

Grupo de Investigación en Análisis Geográfico, Departamento de Geografía,
Universidad de Málaga, España
Lima, Francisco, Universidad de Málaga, lima@uma.es
Gómez-Moreno, María-Luisa, Universidad de Málaga, geolugom@uma.es
Blanco-Sepúlveda, Rafael, Universidad de Málaga, rblanco@uma.es

RESUMEN: El objetivo de esta comunicación es conocer la evolución de la función del olivar y sus esquilmos entre 1940 y 2007 en el contexto de la montaña media mediterránea (Sierra de las Nieves, provincia de Málaga, España). Los métodos y fuentes aplicados han sido: 1) fuentes bibliográficas para la contextualización epistemológica; 2) información oral (entrevistas semiestructuradas) para el conocimiento de la función y gestión del olivar en la economía orgánica y de su cambio a la ligada al capitalismo industrial; 3) fuentes estadísticas, censos agrarios; 4) fuentes cartográficas correspondientes a las características físicas del entorno y a los usos del suelo en 1953 (economía orgánica), 1977 y 2007 (capitalismo industrial y postindustrial); 5) generación de un sistema de información geográfica para i) determinar la capacidad agrológica del suelo y ii) precisar la estabilidad ambiental del olivar en cada una de las fases en relación con dicha capacidad. Los resultados revelan: 1) la función de los esquilmos del olivar se simplificó de la orientación de la explotación a la subsistencia a la orientación basada en la comercialización; 2) el éxodo rural y la actividad de las cooperativas como vectores de la introducción de la tecnificación y de la modificación del tamaño de la explotación; 3) el cambio del sistema de valores de los jefes de explotación como factor que mediatiza los efectos de las políticas agrarias; 4) el estado erosivo inducido por el cultivo del olivar en todas las fases, aminorándose sus efectos negativos sólo en la del capitalismo industrial, por la reubicación derivada del abandono de los cultivos herbáceos. Según estos resultados, se propone la inclusión entre las rentas de las explotaciones olivareras de montaña de las correspondientes al reconocimiento de sus servicios ecosistémicos, en el marco de una política agraria que realmente controle el cumplimiento de las normas de Condicionalidad de la Unión Europea por la gestión de estas explotaciones.

PALABRAS CLAVE: Evolución de la función del olivar, Montaña mediterránea, Capacidad agrológica, BCAM, Sierra de las Nieves.

ABSTRACT: The aim of this paper is to know the evolution of both, the olive groves function and the olive uses, between 1940 and 2007, in Middle Mediterranean mountains (Sierra de las Nieves, province of Málaga, Spain). The methods and sources have been: 1) Bibliographic

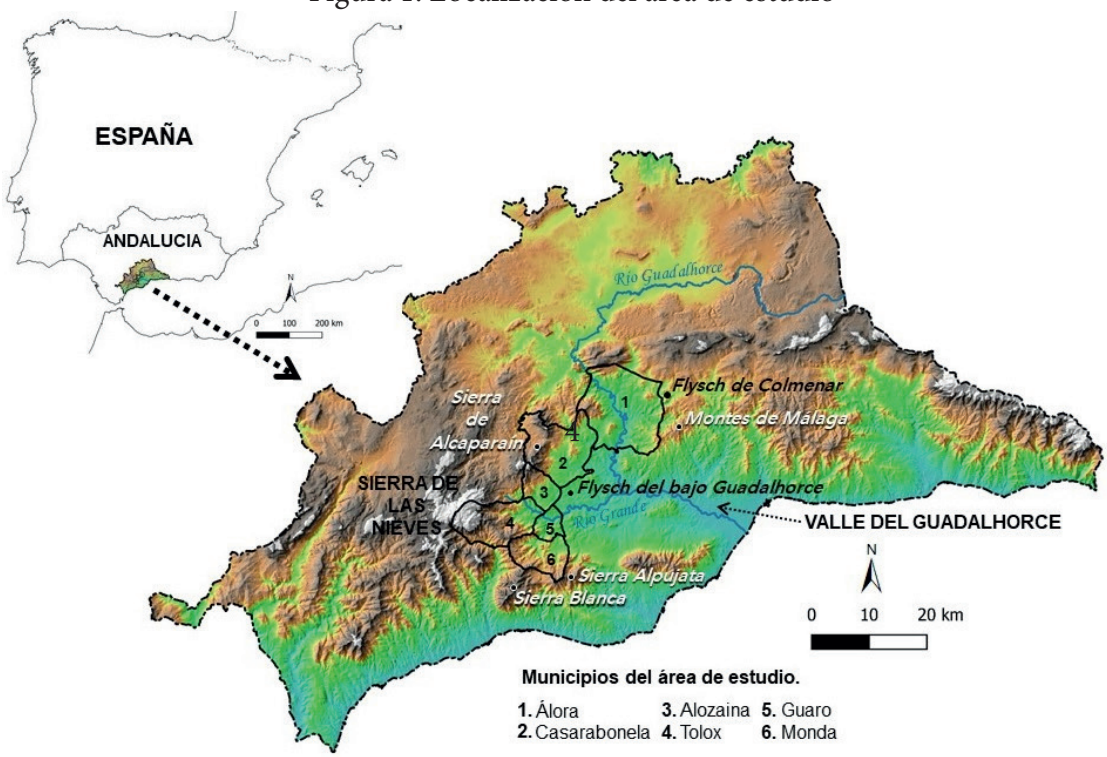
sources to epistemological contextualization; 2) oral information (semi-structured interviews) in order to know the change of olive uses and olive groves management from organic economy to industrial capitalism one; 3) statistical sources (agrarian censuses); 4) cartographic sources i) related to physical properties, and ii) related to land uses in 1953 (organic economy), 1977 and 2007 (industrial and post-industrial capitalism); 5) setting up a GIS project devoted ¡) to stablish soil agrological capacities and ii) to define the olive groves environmental stability depending on these capacities. The achieved results are: 1) the simplification of olive uses from organic economy (subsistence farms) to capitalism one (commercial farms); 2) rural exodus and cooperatives management are the drivers that introduced size farm change and modernization (technification); 3) landowners value system change intervenes the agrarian politics effects; 4) olive groves suppose soil erosion in any phase, but the minor effects match with industrial capitalism phase, when they took up the place of arable crops that have been left. Taking in account these results, we propose a way of Conditionality measures management that ensures de accomplishment of them by the olive groves farmers in order to include the acknowledgment of their ecosystem services into their incomes.

KEYWORDS: Olive groves function evolution, Mediterranean mountain, Agrological capacity, GAEC, Sierra de las Nieves.

La evolución de las zonas de montaña mediterránea en el contexto español se ha caracterizado, en los últimos 60 años, por dos procesos: la pérdida de población y el avance en las mismas de los espacios naturales protegidos (ENP). En este contexto, el análisis de la evolución de la función del cultivo del olivar en relación con la capacidad agrológica del terreno donde se sitúa puede aportar claves tanto para precisar si éste puede actuar como factor de continuidad de la población, como si puede ser compatible con los entornos (área de influencia socioeconómica) de los ENP.

El entorno de la Sierra de las Nieves (provincia de Málaga) es un área de estudio idónea para este análisis (Figura 1). En primer lugar, por la diversidad de sustratos litológicos que reúne (esquistos, margas y margocalizas, terrazas fluviales), lo que hace su estudio significativo para distintos entornos de montaña mediterránea. En segundo lugar, porque desde 1989, la propia sierra de las Nieves y estribaciones cercanas han sido objeto de distintas figuras de protección (Figura 2, declaración como parque natural en la Ley 2/1989 de 18 de julio; Reserva de la Biosfera homónima, en 1995; reconocimiento de un conjunto de LICs en las alineaciones de Sierra Prieta y Alcaparaín). La principal consecuencia de esta configuración es el predominio (81,49% de la superficie) de un relieve con pendientes superiores al 15% y moderada altura (entre 300 y 600 m) (Figura 3). La presencia del olivar está constatada por fuentes bibliográficas desde los repartimientos del s. XV, con continuidad en el Catastro de Ensenada, a mediados del s. XVIII.

Figura 1. Localización del área de estudio

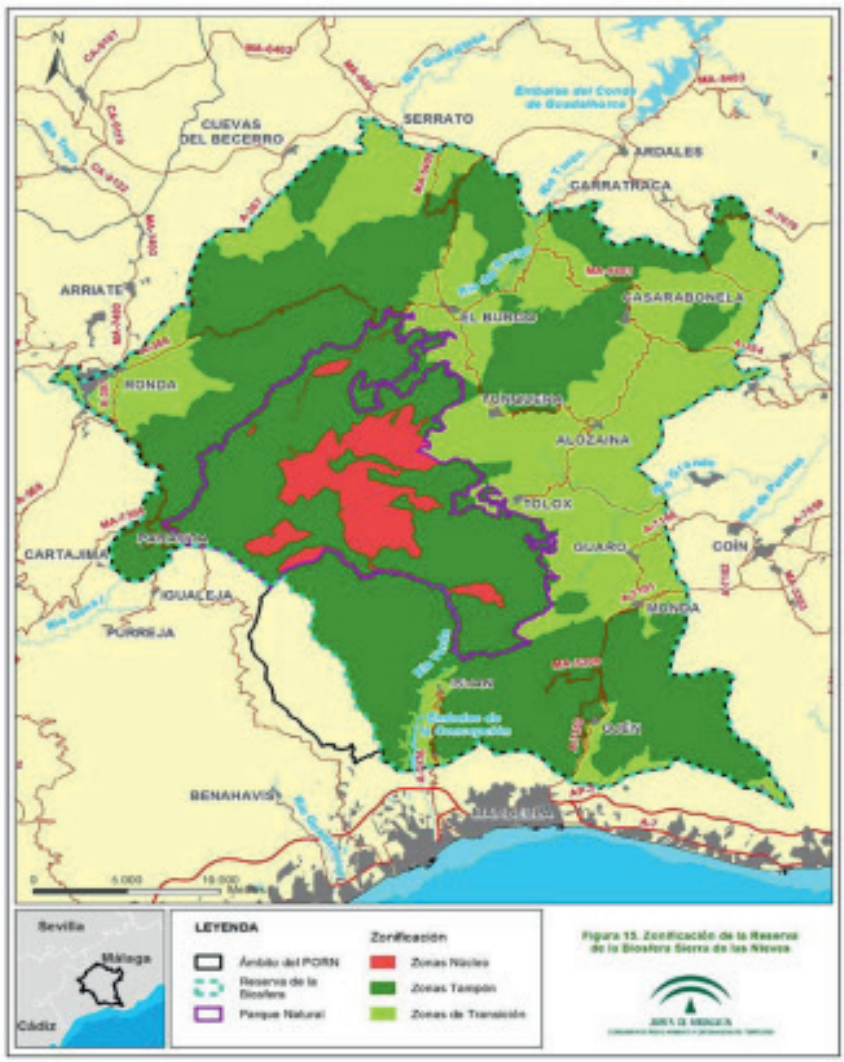


Reproducido de Lima, Blanco y Gómez (2021)

Los resultados de los procedimientos y fuentes enunciados en el resumen revelan una evolución en tres fases (Figura 4), en la que:

1º.-En la etapa de economía orgánica, se parte de una inserción del cultivo del olivar en explotaciones únicamente orientadas a la subsistencia y que, precisamente por ello, asignan a los esquilmos del olivar múltiples usos en un contexto de mala calidad de los procesos de obtención del aceite: jabón ("turbios" y "borras"), alumbrado (candiles) y combustible domésticos ("pastas") y complemento del ganado (orujo mezclado con afrecho) o iluminación. La función del olivar en este contexto es la de cultivo complementario de los herbáceos, que absorbían la mayor parte de la tierra de cultivo; por tanto, sus efectos sobre el estado erosivo del suelo estaban subordinados a los derivados de la tierra de labor.

Figura 2. Figuras de protección en Sierra de las Nieves

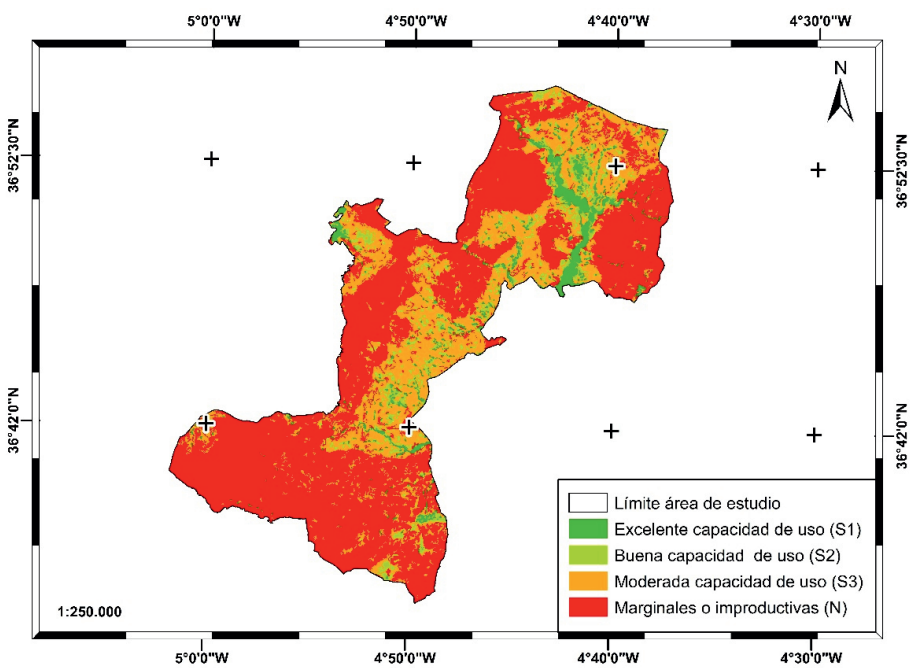


Fte.: reproducido de Decreto 162/2018, de 4 de septiembre, por el que se aprueban el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales del ámbito de Sierra de las Nieves y el Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Natural Sierra de las Nieves PORN_PRUG_SIERRA_NIEVES_2018 def boja.pdf

2º.- A partir de los años sesenta, el éxodo rural, los cambios en el sistema de alimentación y consumo y la difusión de la tecnificación modificaron profundamente este orden de cosas. Se perdió la multiplicidad de usos del aceite a la par que cambió la orientación de la explotación de la subsistencia hacia la comercialización. El éxodo rural, con la consiguiente disminución de la mano de obra, merma las ganancias de las medianas propiedades, que se fragmentaron; los ingresos procedentes de la emigración redundan en la difusión del acceso a la tierra, que es dedicado a olivar. Esta orientación se relaciona con el cambio de la dieta y el descenso drástico de los precios

del trigo, que deja las mejores tierras para olivares. El cultivo de éstos es ya realizado desde la difusión de los inputs tecnificados con la sustitución de la tracción animal por la mecanización, y de los abonos orgánicos por los químicos, siendo las cooperativas las que difunden estos cambios de gestión. Pese a las graves crisis que se suceden en los años Setenta (caída de los precios), el olivar se mantiene hasta el ingreso de España en la Unión Europea, destinado a la comercialización tanto de aceite como de aceituna de mesa. Así, la PAC aplicada en la primera fase que sigue a este ingreso, que prima económicamente la producción, tiene una respuesta por parte de los campesinos de extender el olivar en las zonas de montaña media, ligado al empleo de la mano de obra familiar, aún con remuneración reducida por el margen de rentabilidad. Esta opción supone una pérdida de

Figura 3. Mapa de capacidades agrológicas del área de estudio



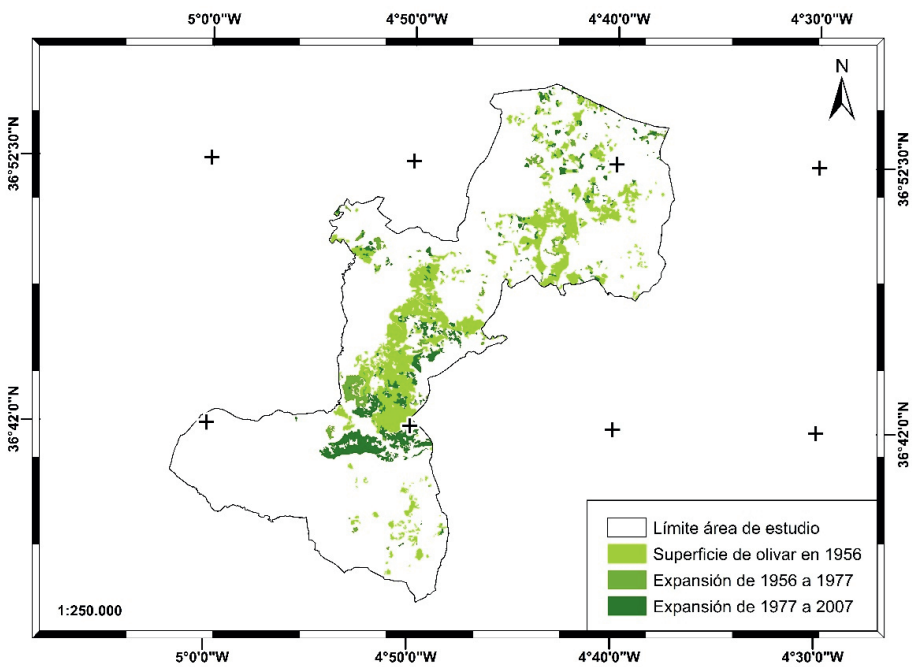
Reproducido de Lima, Blanco y Gómez, 2021

adaptación del cultivo a la capacidad agrológica de las tierras. El patrón de segmentación espacial de la gestión de los ENP favorece la compatibilidad entre esta orientación productivista, en las explotaciones situadas en el *área de influencia socioeconómica*, y la protección en el parque *sensu stricto*.

3º Este escenario de rentabilidad como incentivo para una expansión en superficie acompañada de la gestión intensiva, ya introducida en las décadas anteriores, es profundamente alterado por el cambio de la PAC en la reforma de 2003, precisamente como respuesta al incremento de los

excedentes y el gasto público que la orientación productivista había acarreado. Las ayudas se desacoplan de la producción y son los agricultores los que la reciben, no por producir, sino por contar con una explotación agraria. De este modo, las oscilaciones de precios del mercado tienen una mayor repercusión en el precio final.

Figura 4. Expansión de la superficie olivar en el área de estudio de 1956 hasta 2007.



Reproducido de Lima, Blanco y Gómez, 2021

Pero para el olivar de sierra hay otro cambio de gran impacto, el sistema de condicionalidad con el que la Política Agrícola Común incorporó a partir de 2003 normas básicas en materia de medio ambiente, cambio climático, buenas condiciones agrarias y medioambientales de la tierra (BCAM), salud pública, sanidad animal, fitosanidad y bienestar animal (Reglamento UE nº. 640/2014). Aplicando este giro al análisis de la capacidad agrológica de las tierras donde se localiza la expansión del olivar, el deterioro edáfico (erosión) que ésta lleva aparejado compromete seriamente la continuidad de la gestión. Los resultados de otras investigaciones paralelas a éstas, y que son expuestos en otra comunicación a este congreso titulada "Métodos geo-espaciales para el control remoto de la erosión hídrica del suelo en olivares, ponen de manifiesto tanto la inercia de la orientación productivista como los resultados positivos de estas medidas en aquellas explotaciones que sí las han adoptado, en un contexto de débil o casi nulo control real de la aplicación de estas medidas por parte de los organismos competentes.

PROPUESTAS

De lo anteriormente expuesto se deduce que el concepto de plurifuncionalidad de la explotación agraria, defendido desde principios de los años 90 como orientación más viable para salvaguardar la rentabilidad de ésta, no se ha difundido en el área de estudio. Si las explotaciones siguen ancladas únicamente a la comercialización del aceite y de la aceituna de mesa, la inestabilidad de los mercados puede repercutir en un abandono del olivar y, con él, en una intensificación de los procesos de despoblamiento de las áreas rurales de montaña. La posibilidad de reorientar las ayudas comunitarias, fundamentales para sostener la rentabilidad que impida dicho abandono, hacia el modelo "asignación de dinero público a cambio de bienes públicos" (Gómez-Limón y Arriaza, 2011, p. 126) fundamentada en "la formalización de compromisos por parte de los agricultores por la provisión de bienes públicos de carácter ambiental (biodiversidad, minimización de la erosión) y sociocultural (empleo estable, producción de aceite con calidad diferencial, mantenimiento del patrimonio cultural asociado al cultivo)" (*ibídem*) es la propuesta más adecuada, en nuestra opinión. Esta propuesta, genérica para el olivar, es especialmente adecuada para los entornos de los ENP. El texto consolidado de la Ley 33/2015, de 21 de septiembre, por la que se modifica la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad abre unas posibilidades, aunque están siendo lentamente materializadas. Así, el art. 42.4 es el que más expectativas abre a este respecto, al contemplar tanto subvenciones como bonificaciones, para los ENP correspondientes a la Red Natura 2000:

"Con el fin de promocionar la realización de actividades, coherentes con los valores que justifican la declaración de los espacios Red Natura 2000, que contribuyan al bienestar de las poblaciones locales y a la creación de empleo, se dará prioridad a estas actividades, en especial a aquéllas dirigidas a la conservación o restauración de los valores naturales del lugar, en el acceso a subvenciones, cuando así lo prevean las correspondientes bases reguladoras. De igual manera, se analizará, en el marco de las competencias de la Administración General del Estado y de las comunidades autónomas, la posible implantación de bonificaciones en tasas, gastos de inscripción registral, o cuotas patronales de la Seguridad Social agraria, en las actividades que sean en general tanto coherentes como compatibles con los valores que justifican la declaración como espacios Red Natura 2000 y contribuyan al bienestar de las poblaciones locales y a la creación de empleo".

Por ahora, esta reorientación se queda más en la posibilidad de su reivindicación y demanda por las poblaciones afectadas que en una clara voluntad de aplicarla, dada la demora en el establecimiento de estas bases reguladoras y la expresión "posible implantación". . En esta misma línea cabe interpretar el desarrollo del nuevo art. 78 de la Ley 33/2015 por el que se crea el Fondo para el Patrimonio Natural y la Biodiversidad, que no se concretó hasta seis años después en el Real Decreto 690/2021, de 3 de agosto, por el que se regula el Fondo de Restauración Ecológica

y Resiliencia. Se trata de un fondo económico contemplado en los Presupuestos Generales del Estado, cuyo objetivo encaja en esta nueva línea, pero cuyo funcionamiento también se encuentra en estado embrionario.

Como se concluye del presente estudio, el seguimiento de la evolución de los criterios y efectos de la toma de decisiones por los agricultores revela que éstos saben adaptarse a las políticas más convenientes para sus ingresos. Pero sólo una gestión comprometida con el espíritu de la BCAM por parte de las administraciones públicas garantizará la compatibilidad de esta plurifuncionalidad de las explotaciones olivareras, fundamentadas en el reconocimiento de los servicios ecosistémicos y en la trazabilidad de la calidad de sus productos.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

Gómez-Limón, J.A. y Arriaza, M. (2011): *Evaluación de la sostenibilidad de las explotaciones de olivar en Andalucía*, Málaga, Ed. Fundación Unicaja.

EL OLIVAR Y EL COMERCIO DE ACEITE DE OLIVA EN LA CRISIS AGRARIA DE FINALES DEL SIGLO XIX. UNA VISIÓN ANALÓGICA COETÁNEA

Rodríguez Martínez, Francisco. AACR. fcorodri@ugr.es

RESUMEN: Tanto las causas estructurales como coyunturales de la decadencia agraria española a finales del siglo XIX son conocidas en sus términos generales y en algunas de sus variantes regionales. Principalmente los cambios en la propiedad y en la sociología del campesinado y de los patronos, junto a la opción política casi permanente por el proteccionismo de la producción triguera que acompañó, paradójicamente, la introducción y desarrollo del régimen liberal en España. No obstante, subsisten muchos aspectos desconocidos u olvidados por los investigadores, en parte por la precariedad de la estadística disponible pero también por el poco aprecio que la historiografía liberal dominante ha concedido en general a informaciones poco accesibles de signo opuesto o poco accesibles en los archivos locales públicos y privados.

Este parece ser el caso de la Provincia de Granada, sumida en una profunda crisis comercial de sus tradicionales cultivos exitosos (lino, cáñamo, caña de azúcar…) lo que justifica la aparición de dos obras coetáneas (1888-9), premiadas por la Sociedad Económica de Amigos del País, prácticamente desconocidas, minusvaloradas o ignoradas a pesar de su inmediata publicación y su transcendencia, especialmente la que firma el agrónomo Luis Morell y Terry , aunque también sobresale el "enfoque sociológico" que aporta la más aislada y modesta obrita de Francisco Fernández-Liencres y Herrera. La obra de Morell, que precede a la "revolución remolachera" de la Vega de Granada, da testimonio cumplido de la caída de la superficie olivarera en beneficio del trigo y otros cereales (más de cien mil hectáreas perdidas en cuarenta años). La apuesta por el olivar y la producción de aceites de calidad que hace Morell se completó con el precioso y casi desconocido opúsculo derivado de la comisión investigadora que el mismo realizó en la Provenza y los Alpes Marítimos, cuyas principales aportaciones damos a conocer en esta comunicación y son, en mi opinión, unas referencias históricas básicas, tanto económicas como técnicas, de la recuperación y expansión del olivar en Granada en la segunda década del siglo XX, cuando llegó a ser, tras la crisis finisecular anterior, una de las provincias destacadas en la llamada "primera edad de oro del olivar español".

PALABRAS CLAVES: Cultivo del olivo, Crisis agraria española, Fuentes para la historia del olivar, Tecnología del cultivo del olivo y de la producción de aceite

ABSTRACT: Both the structural and conjuntural causes of the Spanish agrarian decline in the late nineteenth century are well known in its general terms as in some of its regional variants. Mainly the changes in property and in the sociology of the peasantry and the bosses, together with the almost permanent political option for the protectionism of wheat production which accompanied, paradoxically, the introduction and development of liberal regime in Spain.

However, many aspects unknown or forgotten by researchers remain, partly to the precariousness of the available statistic and also because of the little appreciation that the dominant liberal historiography has generally granted to inaccessible information of opposite sign and little accesible in the local public and private archives.

This seems to be the case in the Province of Granada, plunged into a deep commercial crisis of its traditional successful crops (flax, hemp, sugar cane…) and two contemporary works rewards (1888) by the Economic Society of Friends of the Country practically unknown, undervalued or ignored despite their inmediate publication and their transcendence, especially the one signed by the agronomist Luis Morell y Terry, althought the "sociological approach" provided by the most isolated and modest work also stands out by Francisco Fernández-Liencres y Herrera. On the other hand, the Morell´s works precedes the "beet revolution" of the Vega de Granada bears witness to the fall of the olive-growing area to the benefit of wheat and other cereals (more than one hundred thousand hectares lost in forty years).

The commitment to the olive grove and the production of quality oils that Morell makes was completed with the precious and almost unknown booklet derived from the investigative commission that he carried out in Provence and the Maritime Alps whose main novelties we present in this communication and that it is one of the basic technical references of the recovery and expansion of the olive grove in the second decade of the 20th century, when it became, after the previous turn of the century crisis, one of the outstanding Spanish provinces in the so-called "first golden age of the Spanish olive grove"

KEYWORDS: Olive tree cultivation, Spanish agrarian crisis, Sources for the history of olive growing, Olive tree cultivation and oil production technology.

1. INTRODUCCIÓN: EL OLIVAR EN LA CRISIS AGRARIA DE FINALES DEL SIGLO XIX

Las causas de la decadencia agraria española a finales del siglo XIX son conocidas en sus líneas generales o estructurales. Las lagunas aún observables se achacan a la precariedad estadística o la calidad de las fuentes o las excesivas variantes y complejidad de los procesos regionales, provinciales o locales. Véanse para comprobarlo los estudios más usualmente citados (García y Barciela, 1986, Bernal y Zambrana, 1987, González de Molina,1988, Tortella, 2003). Rara vez se entra en la metodología necesaria para obviar en lo posible los fallos observados por ejemplo en los datos de producción, procesos especiales de desamortización, aplicación de políticas comerciales proteccionistas, retraso tecnológico, tensiones sociales etc. Hay además un sesgo ideológico, consciente o no, que tiende a minusvalorar o ignorar aportaciones de valor como las que tendremos ocasión de ver en esta comunicación referidas a la provincia de Granada, donde algunos historiadores, geógrafos y sociólogos, entre otros, ignoran sistemáticamente a autores considerados y premiados en su tiempo

y cuya aportación metodológica y técnica va mucho más allá de la atención que merecen. Cuando de los análisis generales se pasa a los estudios temáticos como podría ser, en este caso, el olivar y el aceite de oliva, estos problemas se hacen notar particularmente en la historiografía y sería preciso advertirse de ello si se quiere opinar con base más objetiva sobre algunos temas como la precariedad de la estadística y los medios "empíricos" empleados para superarla o la falta de fuentes de calidad cuando se tienen algunas tan cerca de la mano.

La provincia granadina es un ejemplo paradigmático de la crisis agraria de finales del siglo XIX. Primero por el profundo decaimiento de la producción agrícola que se suele relacionar con la progresiva crisis comercial de cultivos comerciales tradicionales en régimen monopolístico o casi (cáñamo, lino, caña de azúcar…). Segundo, por el presupuesto abuso generalizado de los propietarios antiguos o nuevos o advenidos por la desamortización, "en absoluto carentes del sentido social que la situación requería" (Liceras Ruiz,1992, Gómez Oliver,1993) y a los que se suele hacer responsables de la extraordinaria expansión de la superficie cerealista en detrimento del olivar y otros cultivos "más sociales" con elevación de la tensión existente con los jornaleros y los incipientes sindicatos "de clase".

Sobre todos estos aspectos hay al menos dos o tres aportaciones coetáneas del gran interés, incomprensiblemente ignoradas si no menospreciadas. Mi aportación a este Congreso internacional sobre el olivar y el aceite de oliva se basa en ellas. Sus referencias completas pueden verse en la bibliografía al final este trabajo (Morell y Terry, 1888, 1889 y 1997; Fernández-Liencres y Herrera, 1888). Dos de las citadas obras, como es obvio considerando la similitud de sus títulos, fueron premiadas, respectivamente con el primer premio y el accésit, en el certamen de junio de 1888 convocado por la Sociedad Económica de Amigos del País de Granada. La relativa al comercio y elaboración del aceite de oliva es producto del informe hecho por su autor, comisionado por la Diputación para estudiar en la Provenza y los Alpes marítimos "todo lo concerniente a la industria oleícola". Todo ello deja bien patente la preocupación existente en la provincia por "el decaimiento de la agricultura". La respuesta de los premiados fue contundente, especialmente en el caso de Luis Morell y Terry, perito agrícola por el recién creado en Madrid Instituto Agrícola Alfonso XIII y que enseguida fue empleado en la Granja Modelo, que con casi 800 hectáreas tenía La Diputación en Cartuja, una finca "poblada de olivos, molino de aceite, lagares, bodegas y amplios establos", en gran parte con derecho de riego de la Acequia de Ainadamar.

2. ALGUNOS RASGOS BIOGRÁFICOS

Para una más equilibrada y objetiva interpretación de las aportaciones de las obras señaladas sería necesario abordar a fondo el contexto institucional y sociológico de la época y de los autores que podrían calificarse en general de liberales conservadores, de mayoría confesional católica. Como esto rebasa las posibilidades de esta comunicación me limitaré a esbozar algunos datos biográficos, que considero útiles sino imprescindibles, en especial de Luis Morell que pueden

ampliarse fácilmente con los que aportaba yo mismo en el estudio preliminar de la edición facsímil (1997) y los más íntimos detalles que añade Manuel Morell Gómez, en la introducción a la autoedición facsímil de las "Efemérides granadinas" de su padre.

Hijo de una familia numerosa, con raíces catalano-aragonesas por parte de padre e irlandesas por parte de madre, Luis Morell y Terry, vivió su infancia en los tiempos confusos y complicados de finales de la década moderada, derrocamiento de Isabel II y comienzos del sexenio democrático que culminó en el cantón granadino, los frecuentes "motines del pan" y la Primera república. Con la Restauración borbónica comienzan sus actividades públicas en pro de la agricultura con el apoyo de su amigo y vecino Pablo Díaz Giménez, marqués de Dílar, senador (1879-1898) y líder de la Liga Agraria. Y asimismo de Benito Ventué Peralta, uno de los impulsores de la renovación agrícola de la Vega. Sus actividades se incrementan tras el cierre de la Granja Modelo y su traslado a la Jefatura Agronómica vinculada al Gobierno civil.

A partir de 1890 ejerce como secretario general de Dr. Juan Creus y Manso, iniciador, junto a Juan López Rubio, de los primeros ensayos del cultivo de la remolacha azucarera, inaugurando el Ingenio de San Juan (20-X-1882). En 1914 realiza un extraordinario y exacto "Catálogo geométrico-Parcelario a todo color de los pagos de riego de la Acequia Gorda" y en 1924 publica su "Agenda Agrícola de Granada".

Se incrementan en las primeras décadas del siglo XX sus colaboraciones en los periódicos locales y sus actividades sindicales, promoviendo el Sindicato católico obrero, miembro de la Liga Agraria, propagandista de las ideas sociales derivadas de la "Rerum Novarum" de León XIII, impulsor de actividades como la Gota de Leche, etc.

Sus ideas católico-conservadoras las hizo siempre compatibles con el dialogo abierto y la moderación, lo que le permitió mantener buenas relaciones con sus adversarios ideológicos. Era un tipo que no encajaba del todo en un contexto polarizado y conflictivo. Parecido en esto a Fernández Liencres, su competidor en el concurso de las "Causas …" de la Sociedad Económica. Era éste un aristócrata sin título, el segundón de un marquesado que quiso innovar también como gestor de las fincas familiares. Con formación técnica de menos entidad que Morell, su obra es más, como el mismo decía, reflexiva que analítica; pero profundizó extrañamente más que Morell en el análisis de los actores sociales en el mundo agrario. Por eso su breve trabajo ha sido clasificado de reflexión sociológica

3. LA CEREALICULTURA CONTRAPUESTA AL OLIVAR

El "Estudio de las causas de la decadencia de la agricultura,,," de Luis Morell , como he dicho ya en otra ocasión ("Estudio preliminar..",1997) se inscribe, por tanto, en la línea positivista y causalista que adoptó la ilustrada Sociedad Económica granadina al menos desde 1880, cuando

premió ya una obra de este carácter de Benito Ventué Peralta (publicada en 1885). En este sentido, ante todo, destacan los tres capítulos dedicados a la producción agrícola granadina, en los que inicia el análisis de algunos aspectos que afectan al olivar y que luego desarrollará más en concreto en diversas publicaciones (1889,1887).

Lo primero que cabe destacarse en orden a lo ya dicho respecto a las estadísticas es que los datos de Morell tomados inicialmente de la Memoria de 1879 de la Jefatura Agronómica del Gobierno civil pero corregidos con estimaciones propias muy razonables, especialmente en lo concerniente al olivar, empezamos a tener datos más razonables y objetivos sobre las producciones agrarias granadinas tanto a nivel provincial como por comarcas. Antes de esa fecha hay que remontarse a los datos del Diccionario de Pascual Madoz, tomados en la mayor parte de las ocasiones del Censo de la Riqueza territorial e industrial de 1799, mucho más generales y de cuya fiabilidad duda el propio Madoz. Por tanto, Morell, como ya he dicho en otras ocasiones, inaugura de hecho la estadística agrícola contemporánea en Granada y lo hace también, como veremos después, a propósito del olivar, con todo lujo de detalles y demostraciones de producciones, rendimientos y comercio de productos.

Un hecho capital para nuestro estudio orientado al olivar es el desarrollo y la importancia alcanzada por la cerealicultura en la Provincia, principalmente el trigo, tanto en secano como en regadío. El cuadro siguiente, formado a partir de Morell (1988), es concluyente. 278.709 ha ocupaban los cereales en Granada, de las cuales más de 51.823 en regadío, lo que significa que no solo una parte notable de las Vega de Granada-Santa Fé-Loja (más de 25.000 ha de olivar en riego) sino también secanos y regadíos de la Alpujarra y, especialmente, los altiplanos de Guadix, Baza y Huéscar estaban cubiertos por el cereal con rotaciones y rendimientos a veces inciertos y miserables.

Tabla 1. La superficie cerealista en la provincia de Granada (1888)

Partidos Judiciales	Regadío (ha)	Secano (ha)	Total (ha)
Granada	8.511	18.039	26.550
Albuñol	781	5.758	6.539
Alhama	870	23.849	24.719
Baza	6.312	30.332	36.644
Guadix	12.921	16.846	29.767
Huéscar	1.986	32.322	34.308
Iznalloz	1.652	41.361	43.013
Loja y Montefrío	5.367	20.198	25.565
Motril	863	5.023	5.886
Órgiva	3.161	18.338	21.499
Santa Fé	6.694	16.639	23.333
Ugíjar	1.702	3.179	4.481
Totales	51.823	226.886	278.809

Fuente: Morell y Terry (1888).

Indica Morell que la producción cerealista había aumentado enormemente en los últimos decenios, pese a lo cual se mantenía un déficit crónico de trigo y cebada que, a pesar de ser políticamente proteccionista confeso, considera corregible a toda costa con un cambio drástico en muchas prácticas culturales para mejorar los rendimientos, sobre todo con la mecanización y sustitución de los primitivos arados, labores distintas y abandono de los terrenos marginales que deben ser ocupadas por la vid y el olivar. Las cifras que aporta son claramente expresivas de la "terrible caída olivarera" En este sentido considera que Granada habría perdido en menos de cuarenta años casi cien mil hectáreas hasta contar tan solo con unas veinticinco mil (11.600 en regadío, según nuestro autor), por lo que ocupaba entonces el lugar decimooctavo entre las treinta y tres provincias olivareras españolas. No era entonces Granada, como reconoce Morell, el distrito olivarero que podría ser sino se hubiera producido la desenfrenada expansión del cereal en terrenos inadecuados en los que, además, las prácticas culturales inconvenientes y la orientación al autoconsumo "redundan en la impeorable calidad de nuestros aceites". No deja de lamentar, una vez más, la precariedad estadística, fruto de la "punible indiferencia con que se hacen los trabajos" proponiendo una corrección mediante lo que denomina "método inductivo" que pone la producción en peso en relación con la producción media de aceite en cada comarca, divido por la cabida media de árboles por hectárea. Señala asimismo la tributación desmedida y las deficiencias en la elaboración de aceite como mayores obstáculos o frenos al cambio. En resumen, el cuadro siguiente, denota bastante bien el fundamento de las afirmaciones de Morell y la peculiar distribución, tanto en secano, con Orgiva, Montefrío, Loja, Guadix y Baza en cabeza junto a Granada, como en regadío con Órgiva igualando a Granada.

Con todo Morel, que escribía de todo esto con solo veintiséis años, no deja de reflejar su conocimiento y experiencia técnica en relación con los aceites italianos que, por entonces, en competencia con los franceses, y mediante la implantación de sociedades exportadoras, trataban de introducir sus aceites en el prometedor mercado norteamericano

Tabla 2. La riqueza olivarera en 1889 según Morell y Terry

Partidos Judiciales	Olivar secano (ha)	Olivar regadío (ha)	Total	Producción normal de aceite (hl)
Granada	2.282	1.924	4.206	8.962
Albuñol	837	493	1.330	2.463
Alhama	684	352	1.036	1.884
Baza	1.014	851	1.865	3.394
Guadix	1.937	883	2.820	4.948

Huéscar	400	114	514	1.190
Iznalloz	908	239	1.147	2.200
Loja	1.731	806	2.537	3.920
Montefrío	1.226	363	1.589	2.633
Motril	747	809	1.556	2.606
Órgiva	1.214	1.846	3.060	6.970
Santa Fé	779	1.497	2.276	3.702
Ugíjar	678	886	1.664	2.820
Totales	14.437	11.163	25.600	47.692

Fuente: Morell y Terry, 1889.

Consideraba que estos aceites eran "incomparablemente mejores que los nuestros" debido sobre todo a su obtención por procedimientos mucho mejores. Acierta plenamente al ligar las expectativas a la expansión del consumo de aceites de calidad y no se le escapa que Granada, a pesar de los problemas indicados antes, era una de las provincias más adelantadas en la incorporación de algunos progresos técnicos, por ejemplo la implantación de molinos dotados de prensas hidráulicas. Algunos de estos patentados y fabricados en la propia Granada, como la prensa inventada por Eduardo Roca y construida en los talleres de La Granadina, premiada en la Exposición Agrícola e Industrial de 1876, en competencia con los modelos Parson de Madrid, Bertrand de Lis de Antequera y Córdoba (de Torre Cabrera) y Pfeifer de Barcelona.

4. LA EXPERIENCIA EN PROVENZA Y LOS ALPES MARÍTIMOS

El conocimiento de la documentada obra premiada de Luis Morell debió impresionar a sus influyentes amigos y dirigentes de la Diputación que inmediatamente decidieron comisionarle para hacer un informe in situ tras visitar diversas instalaciones, primero en Barcelona y otras ciudades catalanas y, seguidamente, recorrer numerosas fincas e instalaciones industriales relacionadas con el cultivo del olivo e industria oleícola en el mediodía de Francia (1989) donde no siempre encontró facilidades para obtener la información que buscaba.

0A la vez había ampliado su trabajo anterior con un informe sobre la evolución del comercio de aceite de oliva en el período 1868-1886. En el mismo quedan claramente identificadas las fluctuaciones y el desplome final de la exportación granadina, a pesar de haberse iniciado ya el crecimiento de la superficie olivarera. Todo ello en contraste con lo sucedido en igual período en Francia e Italia.

El informe de la experiencia en Provenza y Alpes marítimos (1889) está plagado datos, lecciones y recomendaciones para la reorientación del olivar granadino y, por extensión, andaluz y español.

La primera parte éste se refiere a las características del cultivo en Francia comparado con Granada y Andalucía. Observa, ante todo, que como ya señalaba Rojas Clemente en Andalucía, se asocian los aceites más selectos con las varietales más genuinas o próximas al acebuche (lechín, loaime, carrasqueña, cornicabra…). Otras observaciones se refieren a los cuidados culturales (tipos y formas de abonado, podas, empleo de arados vertedera…). La recolección comienza en octubre y se hace con el sistema de ordeño, con portaderas y distancias cortas de los numerosos molinos o con depósitos previo en lagares acondicionados, con tendencia creciente a disminuir la capacidad de los trojes.

Con respecto a la extracción del aceite destaca la "infinidad de molinos" y las diversas tipologías de prensas de volante y columnas hidráulicas, referibles a tres modelos principales muy parecidos o equivalentes a los vistos en Barcelona- Pero las observaciones más relevantes se refieren en este punto, por un lado, a la clasificación de los aceites comestibles y la determinación los tipos de filtros y condiciones de depuración de aceites, la existencia de un mercado de mezclas adulteradas en Marsella. Por cierto, que muchos de los filtros empleados eran similares los de la casa Beltrán de Lis en Antequera (MA), los del duque de Wellington en Gabia(GR), Nª Sª de los Remedios en Montefrío (GR) y La Reformadora de Utrera (SE). No obstante, predomina el uso de la decantación y se va imponiendo la tendencia al empleo del vapor de agua como fuerza motriz en todos los procesos.

En relación con el comercio de aceites destaca la distinción que se ha impuesto en la "Gran Bolsa de Marsella" entre aceites comestibles de calidad y aceites industriales (tipos: fino, lampante récense de orujos, infesto o infierno, fermentado…) que se acreditan mediante certificados de laboratorio no accesibles a observadores externos, lo que origina una tensión permanente con los exportadores italianos.

Conviene señalar, por último, las observaciones sobre los envases. Indica al respecto que se ha de superar con mejores vasijas las "inmundas corambres" en que se remitían al mercado los aceites ordinarios de Andalucía, cuando franceses e italianos ofrecían una gama, según calidades y precios, latas, bombonas y barricas de madera (petrolinas), bocoyes rusos, etc.

5. CONCLUSIONES DE LA EXPERIENCIA EN EL MEDIODÍA FRANCÉS

Morell indica al finalizar su informe que el objetivo de sus observaciones durante la experiencia en Provenza y Alpes, en la que ha visitado más de una quincena de localidades y dos docenas de fincas y empresas oleícolas, no es otro que "conquistar un puesto de honor para nuestros aceites y evitar la ruina de nuestra olivicultura". En síntesis, aporta las siguientes conclusiones generales de su trabajo, que complementan las numerosas y útiles observaciones particulares ya expuestas en gran medida, que considera las claves del cambio que propugna:

- Los aceites de semillas y mezclas son otro mercado que puede y debe desplazar al de oliva en usos industriales y el alumbrado. Las mezclas deben prohibirse a nivel nacional e internacional.
- Las Grandes empresas o Sociedades exportadoras son necesarias para implantarse en el mercado internacional. Pero ha de regularse la competencia como ha demostrado el conflicto franco-italiano.
- Los esfuerzos al presente (1889) deben tender a producir aceites finos y aromáticos.
- Los aceites ordinarios andaluces de calidad bien envasados y presentados dejaran un margen de cinco o seis veces su valor de origen.
- Estos ideales hacen preciso un "Sindicato de Propietarios" para la venta y exportación (se adjunta como Apéndice un Anteproyecto de Estatutos).

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Fernández-Liencres y Herrera, F. (1889): *Causas de la decadencia der la Agricultura y medios para remediarl*a. Granada, SEAP, Imp. Indalecio Ventura.

Gómez Oliver, M. (1985): *La desamortización de Madoz en la Provincia de Granada*. Granada, CEH-DPGR.

González de Molina, M. y Gómez Oliver, M. (1997): *La crisis finisecular y la estructura de la propiedad en Andalucía (1890-1930)*. Granada

Liceras Ruiz, A. (1991). *El cultivo del olivar en la provincia de Granada. Estudio geográfico*. Granada, Universidad de Granada, tesis doctoral.

Morell y Terry, L. (1887): *Causas de la depreciación de nuestros cáñamos y reformas que para evitarlas deben introducirse en su cultivo y preparación*. Granada, SEAP.

Morell y Terry, L. (1888): *Estudio sobre las causas de la decadencia de la agricultura en la provincia de Granada y medios para regenerarla*. Granada, SEAP.

Morell y Terry, L (1889): *Elaboración y comercio de aceite de oliva*. Granada, Dip. Provincial. Imp. J.G Garrido. Ed. Facsímil, Gráficas Alhambra,2008.

Morell y Terry, L (1892): *Efemérides granadinas.* Granada, Imp. Santa Ana. Autoedición facsímil de Manuel Morell Gómez, 2010

Morell y Terry, L (1997): *Estudio sobre las causas de la decadencia de la agricultura en la provincia de Granada y medios para regenerarla*. Edición facsímil con estudio introductorio de F. Rodríguez Martínez. Granada, Universidad, col. Archivum,

Morell y Terry, L (2012): *Catastro geométrico parcelario de los pagos que riegan de la Acequia Gorda*. 11 volúmenes, Sindicato de riegos.

Morell y Terry, L (2024): *Agenda agrícola de la provincia de Granada*. Granada, Gaceta del Sur.

Tortella, G. (1994): *El desarrollo de la España contemporánea. Siglos XIX y XX*. 3ªed. 2011, Alianza.

Ventué Peralta, B. (1885): *Estudio sobre el mejoramiento de la Vega y demás territorios de la Provincia de Granada*. Granada, Sociedad Económica de Amigos del País (SEAP)

Zambrana Pineda, J.F. (1987): *Crisis y modernización del olivar español, 1870-1930*. Madrid, MAPA



Unicaja

Fundación Jaén