Análisis del sector del Aceite de Oliva Virgen en la Denominación de Origen Protegida (DOP) Aceite de la Alcarria (Castilla-La Mancha / España)

Tesis doctoral

Jacinto Tello Guzmán

Albacete, 2021

UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS Y DE MONTES

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL Y TECNOLOGÍA AGRARIA

DOCTORADO EN CIENCIAS AGRARIAS Y AMBIENTALES

ANÁLISIS DEL SECTOR DEL ACEITE DE OLIVA VIRGEN EN LA DENOMINACIÓN DE ORIGEN PROTEGIDA (DOP) ACEITE DE LA ALCARRIA (CASTILLA-LA MANCHA / ESPAÑA)

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE DOCTOR, PRESENTADA POR:

Jacinto Tello Guzmán

Directores:

José Emilio Pardo González

Manuel Álvarez Ortí

Adrián Rabadán Guerra

Albacete, 2021

Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria

ETS de Ingenieros Agrónomos y de Montes
Campus Universitario, s/n
02071 ALBACETE (España)
Teléf.: 967 59 92 00 Ext. 2860
Fax: 967 59 92 38
www.uclm.es/dep/pvyta

D. JOSÉ EMILIO PARDO GONZÁLEZ, D. MANUEL ÁLVAREZ ORTÍ Y D. ADRIÁN RABADÁN GUERRA, PROFESORES DEL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL Y TECNOLOGÍA AGRARIA DE LA UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA (UCLM).

CERTIFICAN:

Que la Tesis Doctoral titulada "Análisis del sector del aceite de oliva virgen en la Denominación de Origen Protegida (*DOP*) *Aceite de la Alcarria (Castilla-La Mancha / España)*", presentada por el Máster Ingeniero Agrónomo D. Jacinto Tello Guzmán, para optar al grado de Doctor, ha sido realizada bajo nuestra dirección y, a nuestro juicio, cumple todos los requisitos necesarios para proceder a su lectura y defensa pública, por lo que autorizamos su presentación en el Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria de la Universidad de Castilla-La Mancha.

Y para que así conste, firmamos la presente certificación en Albacete, a 6 de abril de dos mil veinte y uno.

ID. DOCUMENTO	8LQyT4La0r		Página: 1 / 1
FIRMADO POR		FECHA FIRMA	ID. FIRMA
RABADÁN GUERRA ADRIÁN		06-04-2021 17:13:34	1617722018310
ALVAREZ ORTI MANUEL		06-04-2021 17:22:20	1617722541881
PARDO GONZALEZ JOSE EMILIO		06-04-2021 17:26:13	1617722774215

8LQyT4La0r

Calle Altagracia número 50 - Ciudad Real - 13071. Tfno.: 902204100 Fax.: 902204130 - https://www.sede.uclm.es - Soporte a usuarios: https://cau.uclm.es

Copia de documento electrónico. Para verificar su autenticidad y la validez de su firma, acceda a https://www.sede.uclm.es/verificadorfirmas/uclm

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a todas las personas, entidades y empresas que han contribuido y ayudado en la realización de este trabajo y en particular:

A mis directores de tesis, los doctores José Emilio Pardo González, Manuel Álvarez Ortí y Adrián Rabadán Guerra, que me han brindado esta oportunidad de realizar la tesis doctoral bajo su dirección. Su orientación y rigurosidad han sido clave del buen trabajo. Siempre han procurado los medios suficientes para llevar a cabo todas las actividades propuestas durante el desarrollo de esta tesis doctoral. Y todo ello en un ambiente de amistad y confianza en mi trabajo. También quiero agradecerles, su amabilidad, disponibilidad y paciencia. José Emilio, tu calidad académica y sobre todo humana, ha sido una inspiración en mi carrera profesional y personal; siempre te estaré agradecido.

A la *Asociación Oleícola de la Alcarria* por financiar económicamente parte de este estudio, a través de dos Contratos de Prestación de Servicios (Artículos 83 L.O.U.), y en especial a su presidente, D. Carlos de la Sierra Torrijos, ideólogo de este amplio estudio.

A todos los miembros del Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria y a mis compañeros de doctorado, por involucrarnos todos en esta etapa investigadora.

A los compañeros del grupo de investigación "Calidad, Seguridad e Higiene de Productos Agroalimentarios" de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes (ETSIAM) de Albacete, Dr. Ricardo Gómez Ladrón de Guevara, Dr. Andrés Alvarruiz Bermejo, Dr. Mariano Suárez de Cepeda, Dr. Eulogio López Mata y D. Raimundo Romero Moreno, que me han ayudado en la parte experimental y en la presentación final de la Memoria.

A Cooperativas Agro-Alimentarias Castilla-La Mancha, y especialmente a sus directores durante el desarrollo de este trabajo, D. José Luis Rojas Sánchez y D. Juan Miguel del Real Sánchez-Flor, por haber facilitado mi desarrollo académico culminado con esta tesis doctoral.

Y, por supuesto, el agradecimiento más profundo y sentido va para Lola, mi esposa. Sin su apoyo, paciencia y generosidad no habría sido posible llevar a cabo esta dura etapa.

Por último, me gustaría dedicar este trabajo a mis hijos, Gonzalo y Natalia, como ejemplo de que, con esfuerzo, constancia y tesón, se puede lograr todo lo que uno se plantee.

Gracias.

RESUMEN

El cultivo del olivo, *Olea europaea* L., ha sido el más común de toda la cuenca mediterránea. La producción de aceite de oliva está mayoritariamente concentrada en los países mediterráneos. En los últimos años, la producción de aceite de oliva mundial ha crecido hasta casi doblar su volumen, pasando de producirse 1.452,7 miles de toneladas en la campaña oleícola 1990/91 a 3.311,5 miles de toneladas en la 2017/18. España es el principal país productor de aceite de oliva, con un 43% del total mundial. Dentro de España, la región de Castilla-La Mancha es la segunda comunidad autónoma productora de aceite de oliva, después de Andalucía, representando un 10%, aproximadamente, de la producción nacional. La superficie olivarera se extiende por sus cinco provincias.

La Denominación de Origen Protegida (*DOP) Aceite de la Alcarria*, constituida en el año 2006, y situada en el noroeste de Castilla-La Mancha (España), ocupando las comarcas del sudoeste de la provincia de Guadalajara y del noroeste de la de Cuenca, viene elaborando históricamente aceites de características diferenciadas, gozando de una reputación excepcional, debido a unas prácticas de cultivo y elaboración perfectamente definidas. La superficie aproximada de esta *DOP* es de unos 6.000 km^2, que alberga casi cuatro millones de olivos.

La variedad *Castellana* o *Verdeja* está fuertemente vinculada a la zona, siendo la variedad *principal*, endémica de la *DOP*, llegando a representar, más del 90% del total. También existen variedades *difundidas* (*Manzanilla de Centro*), *locales* (*Gordera* y *Martín Galgo*), y de nueva introducción (*Arbequina).*

La *DOP Aceite de la Alcarria* se caracteriza por la baja producción de sus olivos, con una media de 5 kg por árbol, y por el bajo rendimiento graso de su variedad principal, con solo un 18%. Por ello, sería interesante e importante contrarrestar esta situación, con la búsqueda de la calidad diferenciada, que efectivamente poseen estos olivares de la Alcarria y que es el principal objetivo de esta Tesis Doctoral.

Como objetivos específicos de la presente Tesis Doctoral destacamos los siguientes:

1. Analizar la situación actual y del funcionamiento de las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria*, proponiendo las mejoras más adecuadas.

2. Caracterizar, desde los puntos de vista fisicoquímico y sensorial, los aceites de oliva virgen obtenidos de las variedades de olivo cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria*.
3. Evaluar el grado de participación de las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* en procesos de innovación y eco-innovación, proponiendo mejoras que supongan un aumento de la competitividad empresarial en línea con las ventajas observadas en otras empresas del sector agroalimentario.

La metodología seguida ha sido la clásica para este tipo de estudios, destacando los formatos de encuestas realizadas, la forma de seleccionar las parcelas y los olivos, la toma de muestras de las aceitunas, la extracción del aceite y las determinaciones analíticas practicadas.

Como resultados más importantes de esta Tesis Doctoral, destacaremos los siguientes:

1. Con respecto al análisis de la situación actual y del funcionamiento de las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria*, se proponen las siguientes mejoras.

    - Sustituir la recolección manual mediante ordeño y el vareo por la recolección mecanizada, para así reducir gastos al olivicultor y evitar la rotura de la epidermis del fruto, respectivamente.
    - Erradicar por completo el transporte en cualquier tipo de sacos, ya que empeora la calidad de la aceituna y facilita el atrojamiento.
    - Separar las variedades predominantes y preparar “coupages”, con vistas a diversificar productos y a conseguir un producto final más uniforme.
    - Separar siempre las aceitunas en mal estado sanitario de las del vuelo, ya que las primeras siempre nos darán aceites de calidad netamente inferior.
    - Analizar la presencia de productos fitosanitarios en las aceitunas y en los aceites.
    - Lavar las aceitunas sólo cuando sea necesario, para evitar la pérdida de aceite y de polifenoles. En caso de lavar las aceitunas, sustituir el agua sólo cuando esté sucia.
    - Atrojar la aceituna sólo cuando sea estrictamente necesario (roturas). Controlar el posible atrojado de las aceitunas en las instalaciones de los propios olivicultores.

- Diferenciar alguna tolva de espera para aceitunas que vayan a dar aceites de mala calidad (aceitunas en mal estado sanitario, atrojadas, etc.).
- Usar temperaturas/tiempos de termobatido recomendadas (28±2ºC/40-60´, tras molinos de empiedro, y 60-90´, tras molino de martillos), para evitar la pérdida de calidad de los aceites.
- Usar el agua de la centrífuga vertical, a la temperatura recomendada (28±2ºC), para evitar pérdidas de aromas y polifenoles.
- Extremar las condiciones de higiene de los pocillos de decantación de las almazaras implicadas.
- Sustituir, en el menor tiempo posible, los depósitos de hierro recubiertos con resina epoxi, los de poliéster y los de fibra de vidrio, por depósitos de acero inoxidable, para garantizar la completa seguridad del producto.
- Realizar el sangrado periódico del fondo de los depósitos de almacenamiento.
- Llenar los depósitos de almacenamiento hasta arriba, cerrarlos herméticamente y mantenerlos en oscuridad.
- Repasar los alpeorujos antes de someterlos a otros usos, obteniendo una cantidad extra de aceite, aunque sea de peor calidad.
- Conservar las balsas de acumulación y evaporación en perfectas condiciones.

2. Con respecto a la caracterización, desde los puntos de vista fisicoquímico y sensorial, de los aceites de oliva virgen obtenidos de las variedades de olivo cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria*.

   - Los aceites de oliva virgen monovarietales obtenidos de las diferentes variedades de olivo cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria* presentan características diferenciales, que permiten establecer 3 grupos: por un lado, las variedades *Castellana* y *Manzanilla*, por otro lado, *Gordera* y *Martín Galgo*, y por último la variedad *Arbequina,* que muestra características intermedias entre los otros dos grupos.
   - La variedad *Castellana* se caracteriza por presentar un porcentaje más elevado de ácidos grasos saturados que el resto de las variedades, debido, principalmente, a un mayor contenido en ácido palmítico.

- Los aceites de oliva virgen monovarietales elaborados con las variedades de olivo cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria* con la mayor proporción de trioleína son los de *Martín Galgo* (39,65%) y los de *Manzanilla* (39,86%), lo que se corresponde con el mayor contenido en ácido oleico.
- Los aceites de oliva virgen monovarietales, elaborados con aceitunas de las variedades *Castellana* y *Gordera*, tienen un contenido medio en esteroles totales inferior al límite establecido por la Reglamentación Europea, 1.000 mg/kg, lo que parece ser una característica intrínseca de las mismas.
- Algunos aceites de oliva virgen monovarietales, elaborados a partir de aceitunas de la variedad *Gordera*, superaron el 4% de campesterol, límite máximo establecido por la Reglamentación Europea para los aceites de oliva, lo que parece ser también una característica intrínseca de los mismos.
- Los aceites de oliva virgen monovarietales, elaborados con aceitunas de las variedades *Manzanilla* y *Castellana*, son los que presentan una mayor estabilidad oxidativa, debido posiblemente a su mayor contenido en compuestos fenólicos y en tocoferoles.
- Los aceites de oliva virgen monovarietales analizados han presentado un frutado medio (intensidad de frutado entre 3 y 6) en las 4 campañas oleícolas consideradas, destacando dentro de ellos los elaborados con aceitunas de la variedad *Arbequina*.
- Los aceites de oliva virgen monovarietales de la variedad *Castellana* han presentado niveles altos del atributo picante, en el 80% de los casos, y del atributo amargo en el 6,7%. En el caso de los de Manzanilla, se han caracterizado por niveles altos de picante en su totalidad. Por contra, ninguna de las muestras de aceite de oliva virgen elaborados con aceitunas de las variedades *Arbequina*, *Gordera* y *Martín Galgo*, ha mostrado niveles por encima de 5 de los atributos amargo y picante en ninguna de las campañas oleícolas consideradas.
- El 100% de los aceites de oliva virgen elaborados con aceitunas de las variedades de olivo *Arbequina*, *Gordera*, *Manzanilla* y *Martín Galgo*, y el 91,7% de los de *Castellana*, han sido catalogados como "virgen extra"; el 8,3% restante de la variedad *Castellana*, todas ellos elaborados con aceitunas maduras, ha sido catalogado como "virgen", debido probablemente a que, aunque la recolección

tuvo lugar en las mismas fechas, la maduración de las aceitunas en esa primera campaña iba más adelantada, debido a una menor pluviometría anual.

- El estado de madurez de las aceitunas puede influir en las características de los aceites de oliva virgen monovarietales obtenidos, destacando los siguientes datos:

    - Cuando se consideran los parámetros relacionados con la calidad de los aceites, las aceitunas en un estado de madurez más temprano muestran mejores valores, principalmente en cuanto a la acidez y al índice de peróxidos, aunque todos han obtenido la calificación de aceite de oliva virgen extra.
    - Con respecto al atributo frutado, su intensidad disminuye conforme avanza la maduración de las aceitunas, aunque sólo de forma significativa en las variedades *Castellana, Gordera* y *Manzanilla*.
    - Las pequeñas variaciones en los compuestos antioxidantes se reflejan también en una disminución de la estabilidad oxidativa de los aceites elaborados con aceitunas maduras.

- Las condiciones agroclimáticas afectan a la composición fisicoquímica de los aceites, aunque estos cambios suelen ser poco significativos, manteniéndose las características de la variedad, independientemente de la campaña de recolección considerada.
- El análisis fisicoquímico y sensorial de los aceites de oliva virgen elaborados en las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria*, ha mostrado, como era de esperar, valores similares a los observados en los aceites de oliva virgen monovarietales de la variedad *Castellana*, claramente predominante en la zona de estudio.

3. Con respecto a la evaluación de la participación de las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* en procesos de innovación y eco-innovación.

    - Las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* valoran de forma muy positiva su pertenencia a esta *DOP*. La consideran fundamental para su negocio y creen que otorga a sus productos una imagen de producto más tradicional.

- Las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* son, en general, pequeñas tanto por su número de empleados como por sus volúmenes comercializados. Este factor limita de forma decisiva su implicación en procesos de innovación y eco-innovación.
- Las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* presentan unos niveles de cooperación muy escasos con el resto de agentes de la cadena alimentaria. Además, esta cooperación está concentrada fundamentalmente en relaciones con proveedores y, en menor medida, con clientes.
- La obtención de financiación es el principal obstáculo que limita una mayor participación de las almazaras de la *DOP Aceite de la Alcarria* en procesos de innovación.
- En general, las perspectivas de desarrollo que tienen de su negocio en los próximos años son buenas. Sin embargo, existen recomendaciones que permitirían mejorar su competitividad y aumentar su rentabilidad. En este sentido, sería recomendable aumentar sus exportaciones y favorecer el desarrollo de redes de cooperación entre las almazaras de la propia *DOP* y con el resto de agentes, con el objetivo de favorecer el desarrollo de innovaciones y eco-innovaciones conjuntas.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 1

***1.1. EL OLIVO Y EL ACEITE DE OLIVA* 3**

1.1.1. HISTORIA 4

1.1.2. CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA DEL OLIVO 8

1.1.2.1. SITUACIÓN TAXONÓMICA DEL OLIVO **8**
1.1.2.2. ASPECTOS GENERALES DEL CULTIVO **8**
1.1.2.3. CARACTERÍSTICAS VEGETATIVAS DEL OLIVO **12**

1.1.3. EL MERCADO GLOBAL DEL ACEITE DE OLIVA 17

1.1.3.1. LA PRODUCCIÓN MUNDIAL DEL ACEITE DE OLIVA **17**
1.1.3.2. CONSUMO MUNDIAL DE ACEITE DE OLIVA **20**

1.1.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA ACEITUNA Y DEL ACEITE DE OLIVA 21

***1.2. LA CALIDAD EN EL ACEITE DE OLIVA* 24**

1.2.1. CONCEPTO DE CALIDAD EN EL ACEITE DE OLIVA 24

1.2.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS ACEITES DE OLIVA 25

1.2.3. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS ACEITES DE OLIVA 29

1.2.3.1. ACEITE DE OLIVA VIRGEN **30**
1.2.3.2. ACEITE DE OLIVA REFINADO **31**
1.2.3.3. ACEITE DE OLIVA **31**
1.2.3.4. ACEITE DE ORUJO DE OLIVA **31**

1.2.4. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DEL ACEITE DE OLIVA VIRGEN 32

1.2.5. CALIDAD DIFERENCIADA. LAS DENOMINACIONES DE ORIGEN 48

***1.3. LA DENOMINACIÓN DE ORIGEN PROTEGIDA (DOP) ACEITE DE LA ALCARRIA* 51**

1.3.1. OROGRAFÍA 51

1.3.2. EDAFOLOGÍA 53

1.3.3. CLIMATOLOGÍA 54

1.3.4. HIDROLOGÍA 56

1.3.5. SISTEMA DE CULTIVO 57

1.3.6. MATERIAL VEGETAL 58

***1.4. LA INNOVACIÓN Y LA ECO-INNOVACIÓN EN LAS INDUSTRIAS AGROALIMENTARIAS* 64**

2. OBJETIVOS 71

3. MATERIALES Y MÉTODOS 75

***3.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS ALMAZARAS INSCRITAS EN LA DOP ACEITE DE LA ALCARRIA. PROPUESTAS DE MEJORA* 77**

3.2. CARACTERIZACIÓN, DESDE LOS PUNTOS DE VISTA FISICO QUÍMICO Y SENSORIAL, DE LOS ACEITES DE OLIVA VIRGEN OBTENIDOS DE LAS VARIEDADES DE OLIVO CULTIVADAS EN LA DOP ACEITE DE LA ALCARRIA **83**

3.2.1. SELECCIÓN DE PARCELAS Y OLIVOS **83**

3.2.2. TOMA DE MUESTRAS DE ACEITUNA **83**

3.2.3. EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE OLIVA **89**

3.2.4. DETERMINACIONES ANALÍTICAS **90**

3.2.4.1. PARÁMETROS DE CALIDAD FISICOQUÍMICA REGLAMENTADA **90**

3.2.4.2. PARÁMETROS DE CALIDAD SENSORIAL REGLAMENTADA. ANÁLISIS SENSORIAL DESCRIPTIVO **90**

3.2.4.3. PARÁMETROS DE ESTABILIDAD **91**

3.2.4.4. COMPOSICIÓN EN ÁCIDOS GRASOS Y TRIGLICÉRIDOS **92**

3.2.4.5. COMPOSICIÓN EN ESTEROLES Y DIALCOHOLES TRITERPÉNICOS **93**

3.2.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS **93**

3.2.6. SELECCIÓN DE ALMAZARAS DENTRO DE LA ZONA DE ESTUDIO **94**

3.2.7. TOMA DE MUESTRAS EN LAS ALMAZARAS **94**

3.3. EVALUACIÓN DE LA PARTICIPACIÓN DE LAS ALMAZARAS INSCRITAS EN LA DOP ACEITE DE LA ALCARRIA EN PROCESOS DE INNOVACIÓN Y ECO-INNOVACIÓN. PROPUESTAS DE MEJORA **96**

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 101

***4.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS ALMAZARAS INSCRITAS EN LA DOP ACEITE DE LA ALCARRIA. PROPUESTAS DE MEJORA* 103**

4.1.1. RECEPCIÓN Y SELECCIÓN DE LA ACEITUNA 103

4.1.1.1. SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE LA ACEITUNA **103**
4.1.1.2. SISTEMA DE TRANSPORTE DE LA ACEITUNA **106**
4.1.1.3. CAPACIDAD DIARIA MÁXIMA DE RECEPCIÓN DE ACEITUNA **108**
4.1.1.4. SEPARACIÓN DE VARIEDADES PREDOMINANTES EN LA RECEPCIÓN DE LAS ACEITUNAS **108**
4.1.1.5. SEPARACIÓN DE LAS ACEITUNAS DE SUELO DE LAS DE VUELO **108**
4.1.1.6. SEPARACIÓN DE LAS ACEITUNAS EN MAL ESTADO SANITARIO **109**
4.1.1.7. ANÁLISIS DE RESIDUOS EN LAS ACEITUNAS RECEPCIONADAS **109**

4.1.2. LIMPIEZA, LAVADO Y ALMACENAMIENTO DE LA ACEITUNA 111

4.1.2.1. PERIODICIDAD EN EL CAMBIO DE AGUA DE LAS LAVADORAS **111**
4.1.2.2. TIEMPO MEDIO DE ATROJADO DE LAS ACEITUNAS **113**
4.1.2.3. NÚMERO Y CAPACIDAD DE LAS TOLVAS DE ESPERA **114**

4.1.3. PROCESADO DE LA ACEITUNA 115

4.1.3.1. SISTEMA DE MOLIENDA **115**
4.1.3.2. NÚMERO DE LÍNEAS DE PROCESADO **116**

4.1.3.3. CAPACIDAD DIARIA MÁXIMA DE PROCESADO DE ACEITUNA **117**
4.1.3.4. NÚMERO Y CUERPOS DE LAS TERMOBATIDORAS **117**
4.1.3.5. TEMPERATURA Y TIEMPO DE LA OPERACIÓN DE TERMOBATIDO **118**
4.1.3.6. USO DE COADYUVANTES TECNOLÓGICOS DE FILTRACIÓN **121**
4.1.3.7. SISTEMA DE SEPARACIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO **123**
4.1.3.8. CAPACIDAD HORARIA DE TRABAJO DE LAS ALMAZARAS **123**
4.1.3.9. TEMPERATURA DEL AGUA DE LA CENTRÍFUGA VERTICAL **124**
4.1.3.10. UTILIZACIÓN DE LA DECANTACIÓN NATURAL **126**

4.1.4. ALMACENAMIENTO DE LOS ACEITES 128

4.1.4.1. NÚMERO, CAPACIDAD Y TIPO DE DEPÓSITOS DE ALMACENAMIENTO DE ACEITES **128**
4.1.4.2. CONTROL DE LA TEMPERATURA EN EL LOCAL DE ALMACENAMIENTO DE LOS ACEITES **130**

4.1.5. CONTROL DEL PROCESO Y DEL PRODUCTO FINAL 131

4.1.5.1. APLICACIÓN DEL SISTEMA APPCC **131**
4.1.5.2. ANÁLISIS DEL ACEITE **131**
4.1.5.3. ANÁLISIS DEL ALPEORUJO **131**

4.1.6. TRATAMIENTO DE SUBPRODUCTOS Y RESIDUOS 132

4.1.6.1. DESTINO DE LOS ALPEORUJOS **132**
4.1.6.2. DESTINO DE LAS AGUAS DE LAVADO DE LAS ACEITUNAS Y DE LOS ACEITES **135**
4.1.6.3. DESTINO DE LAS HOJAS Y RAMAS **136**

4.1.7. DATOS GENERALES DE INTERÉS **137**

4.1.7.1. NÚMERO DE OLIVICULTORES ADSCRITOS A LAS ALMAZARAS INSCRITAS EN LA *DOP ACEITE DE LA ALCARRIA* **138**

4.1.7.2. VARIEDADES DE OLIVO **138**

4.2. CARACTERIZACIÓN, DESDE LOS PUNTO DE VISTA FÍSICO-QUÍMICO Y SENSORIAL, DE LOS ACEITES DE OLIVA VIRGEN OBTENIDOS DE LAS VARIEDADES DE OLIVO CULTIVADAS EN LA DOP ACEITE DE LA ALCARRIA **139**

4.2.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS ACEITES DE OLIVA VIRGEN MONOVARIETALES DE LA *DOP ACEITE DE LA ALCARRIA* EN FUNCIÓN DE LA VARIEDAD **139**

4.2.1.1. COMPOSICIÓN EN ÁCIDOS GRASOS **139**

4.2.1.2. COMPOSICIÓN EN TRIGLICÉRIDOS **141**

4.2.1.3. COMPOSICIÓN EN ESTEROLES **144**

4.2.1.4. PARÁMETROS DE ESTABILIDAD **147**

4.2.1.5. PARÁMETROS DE CALIDAD SENSORIAL REGLAMENTADA **150**

4.2.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS ACEITES DE OLIVA VIRGEN MONOVARIETALES DE LA *DOP ACEITE DE LA ALCARRIA* EN FUNCIÓN DEL ESTADO DE MADURACIÓN DE LAS ACEITUNAS **152**

4.2.2.1. PARÁMETROS DE CALIDAD FISICOQUÍMICA REGLAMENTADA **153**

4.2.2.2. PARÁMETROS DE CALIDAD SENSORIAL REGLAMENTADA **155**

4.2.2.3. ANÁLISIS SENSORIAL DESCRIPTIVO DE ACEITES DE OLIVA VIRGEN EXTRA MONOVARIETALES **157**

4.2.2.4. PARÁMETROS DE ESTABILIDAD **160**
4.2.2.5. COMPOSICIÓN EN ÁCIDOS GRASOS **162**

4.2.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS ACEITES DE OLIVA VIRGEN MONOVARIETALES DE LA *DOP ACEITE DE LA ALCARRIA* EN FUNCIÓN DE LA CAMPAÑA OLEÍCOLA **163**

4.2.4. CARACTERIZACIÓN DE LOS ACEITES DE OLIVA VIRGEN ELABORADOS EN LAS ALMAZARAS INSCRITAS EN LA *DOP ACEITE DE LA ALCARRIA* **168**

4.3. EVALUACIÓN DE LA PARTICIPACIÓN DE LAS ALMAZARAS INSCRITAS EN LA DOP ACEITE DE LA ALCARRIA EN PROCESOS DE INNOVACIÓN Y ECO-INNOVACIÓN. PROPUESTAS DE MEJORA **170**

5. CONCLUSIONES **179**

6. REFERENCIAS **185**

7. PUBLICACIONES DERIVADAS DE LA TESIS DOCTORAL **211**

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Encuesta pasada a rectores y almazareros con vistas a conocer la situación actual y el funcionamiento de las 4 almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* 79

Tabla 3.2. Porcentaje de participación de las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* 81

Tabla 3.3. Distribución de parcelas por variedad en la zona de estudio 85

Tabla 3.4. Modo de obtener el índice de madurez 87

Tabla 4.1. Porcentaje de separación de aceitunas en mal estado sanitario en las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* 109

Tabla 4.2. Porcentaje de análisis de residuos en aceitunas recepcionadas en las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* 110

Tabla 4.3. Porcentaje de periodicidad del cambio de agua de las lavadoras en las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* 112

Tabla 4.4. Número y capacidad de las tolvas de espera y capacidad diaria máxima de recepción de aceitunas de las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* 114

Tabla 4.5. Resultados obtenidos con respecto al número de depósitos, la capacidad de almacenamiento conjunta de los mismos y el material con el que están construidos, de las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* 129

Tabla 4.6. Variedades de olivo (%) cultivadas en la zona de estudio 138

Tabla 4.7. Composición en ácidos grasos de los aceites monovarietales elaborados con las variedades de olivo cultivados en la *DOP Aceite de la Alcarria* 142

Tabla 4.8. Composición en triglicéridos de los aceites monovarietales elaborados con las variedades de olivo cultivados en la *DOP Aceite de la Alcarria* 143

Tabla 4.9. Composición en esteroles de los aceites monovarietales elaborados con las variedades de olivo cultivados en la *DOP Aceite de la Alcarria* 146

Tabla 4.10. Atributos sensoriales positivos evaluados y clasificación Panel Test de los aceites monovarietales elaborados con las variedades de olivo cultivados en la *DOP Aceite de la Alcarria* 151

Tabla 4.11. Valores de los parámetros de calidad fisicoquímica reglamentada de los aceites de oliva virgen elaborados con aceitunas de las variedades de olivo cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria*, en estado de envero y maduras 154

Tabla 4.12. Atributos sensoriales positivos evaluados y clasificación Panel Test de los aceites monovarietales, elaborados con aceitunas de las variedades de olivo cultivados en la *DOP Aceite de la Alcarria*, en estado de envero y maduras 156

Tabla 4.13. Variación de la proporción de ácido palmítico, ácido oleico y ácido linoleico con el estado de maduración de las aceitunas, en los aceites de oliva virgen elaborados con aceitunas de las variedades de olivo cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria* 163

Tabla 4.14. Características de las almazaras adscritas a la *DOP Aceite de la Alcarria* 171

Tabla 4.15. Análisis de los productos comercializados por las almazaras adscritas a *la DOP Aceite de la Alcarria* 172

Tabla 4.16. Nivel de cooperación de las almazaras adscritas a la *DOP Aceite de la Alcarria* en el desarrollo de innovaciones 173

Tabla 4.17. Porcentaje de empresas inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* que han puesto en marcha diferentes tipos de eco-innovaciones en los tres últimos años 175

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Producción de aceite de oliva en el mundo (%). Fuente: Consejo Oleícola Internacional (COI, 2019) 18

Figura 1.2. Producción de aceite de oliva en España (%). Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA, 2019) 19

Figura 1.3. Mapa de localización de las Denominaciones de Calidad de aceites de Castilla-La Mancha 50

Figura 1.4. Temperatura media (ºC) y precipitación media (mm) por mes a lo largo de 2019 55

Figura 1.5. Factores que afectan a la puesta en marcha de acciones eco-innovadoras en las empresas 66

Figura 3.1. Localización de las estaciones de muestreo y de las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* 85

Figura 4.1. Porcentaje del sistema de recolección de aceitunas utilizado en las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* 103

Figura 4.2. Porcentaje del sistema de transporte de la aceituna utilizado en las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* 106

Figura 4.3. Resultados obtenidos con respecto al número de líneas de procesado de las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* 117

Figura 4.4. Número de termobatidoras y número de cuerpos de cada una de ellas de las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* 118

Figura 4.5. Resultados obtenidos con respecto a la temperatura de termobatido utilizada en las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* 119

Figura 4.6. Resultados obtenidos con respecto al tiempo de termobatido utilizado en las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* 121

Figura 4.7. Resultados obtenidos con respecto a la temperatura del agua de la centrífuga vertical, utilizada en las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* 126

Figura 4.8. Resultados obtenidos con respecto a la utilización de la decantación natural en las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* 126

Figura 4.9. Destino de los alpeorujos generados en las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* 133

Figura 4.10. Destino de las hojas y ramas resultantes de la limpieza de las aceitunas en en las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* 136

Figura 4.11. Análisis de Componentes Principales realizado con los parámetros fisicoquímicos, con 3 muestras recogidas en estado de envero y 3 maduras de cada variedad, durante 4 campañas consecutivas. 140

Figura 4.12. Valor medio del contenido en esteroles totales, de cada uno de los aceites de oliva virgen monovarietales, elaborados con las variedades de olivo cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria* 145

Figura 4.13. Valores medios de estabilidad oxidativa (horas), compuestos fenólicos (mg/kg) y tocoferoles (mg/kg) de los aceites de oliva virgen monovarietales, elaborados con aceitunas de las variedades cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria* 149

Figura 4.14. Análisis de Componentes Principales con los parámetros fisicoquímicos, de los aceites de la variedad *Castellana*, elaborados en la campaña oleícola 2015-2016 153

Figura 4.15. Contenido en compuestos fenólicos (mg/kg) de los aceites de oliva virgen elaborados a partir de aceitunas de las variedades cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria* 161

Figura 4.16. Evolución de la estabilidad oxidativa de los aceites de oliva virgen elaborados con aceitunas de las variedades de olivo cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria* en estado de envero y maduras 162

Figura 4.17. Contenido en ácido oleico y ácido linoleico de los aceites de oliva Virgen monovarietales elaborados con las variedades de olivo cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria* durante 4 campañas oleícolas consecutivas 165

Figura 4.18. Contenido en campesterol de los aceites de oliva virgen monovarietales elaborados con las variedades de olivo cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria* durante 4 campañas consecutivas 166

Figura 4.19. Contenido en compuestos fenólicos de los aceites de oliva virgen monovarietales elaborados con las variedades de olivo cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria* durante 4 campañas consecutivas 167

Figura 4.20. Valores de estabilidad oxidativa de los aceites de oliva virgen monovarietales elaborados con las variedades de olivo cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria* durante 4 campañas consecutivas 168

Figura 4.21. Percepción de las empresas sobre cómo afecta su participación en la *DOP Aceite de la Alcarria* a sus producciones y a su imagen. Escala de 1 a 7, siendo 1 totalmente en desacuerdo y 7 totalmente de acuerdo 174

Figura 4.22. Valoración de los obstáculos a la innovación que perciben las empresas inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria*. Escala de 1 a 7, siendo 1 poco importante y 7 muy importante 176

Figura 4.23. Valoración del rendimiento propio que hacen las empresas inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria*. Escala de 1 a 7, siendo 1 muy negativa y 7 muy positiva 177

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1.1. Explotación familiar de olivos en la Alcarria 3

Fotografía 1.2. Cartel anunciador de la Fiesta del Olivo de la Alcarria 2019 en Valdeolivas (Cuenca) 4

Fotografía 1.3. Expansión histórica del aceite de oliva por el Mediterráneo (Fuente: La casa del aceite. Almazara San Cristóbal) 5

Fotografía 1.4. Piedras de molino para molienda 7

Fotografía 1.5. Olivo plantado en el siglo XVI por el capitán fundador de la olivicultura argentina Pedro de Alvarado (Catamarca, Argentina) 9

Fotografía 1.6. Olivar con riego por goteo 10

Fotografía 1.7. Olivar con cubierta vegetal 11

Fotografía 1.8. Olivos de diferente tamaño. Arriba, Var. Arauco (Mendoza, Argentina); Abajo, Var. Castellana (Alcarria, España) 13

Fotografía 1.9. Hojas y frutos de las variedades de olivo que se cultivan en la *DOP Aceite de la Alcarria* (1. *Arbequina*; 2. *Castellana*; 3. *Manzanilla*; 4. *Gordera*; 5. *Martín Galgo*) 14

Fotografía 1.10. Flor del olivo 14

Fotografía 1.11. Fruto del olivo en distinto estado de maduración 15

Fotografía 1.12. República Argentina como país representativo de la extensión del olivo en el mundo 18

Fotografía 1.13. Hueso de aceituna separado del resto para la extracción del aceite contenido en su interior 22

Fotografía. 1.14. Catadora de aceite de oliva y otros complementos de evaluación sensorial de aceites utilizados por catadores acreditados 27

Fotografía 1.15. Simulación de la extracción de aceite de oliva mediante medios mecánicos 30

Fotografía 1.16. Olivar cultivado en sierra (arriba) frente a olivar cultivado en tierra fértil (abajo) 33

Fotografía 1.17. Hojas de olivo atacadas por repilo (*Cycloconium oleaginum*) 34

Fotografía 1.18. Recogida de aceitunas manual (sistema de ordeño) (arriba) y mecanizada (vibrador con paraguas) (abajo) 35

Fotografía 1.19. Recepción de aceitunas 36

Fotografía 1.20. Hojas de olivo eliminadas mediante limpiadora 37

Fotografía 1.21. Aceitunas en proceso de lavado 38

Fotografía 1.22. Tolva de espera con aceitunas 39

Fotografía 1.23. Aceitunas atrojadas 39

Fotografía 1.24. Molino de martillos 40

Fotografía 1.25. Pasta oleosa formada en la batidora 41

Fotografía 1.26. Batidora de tres cuerpos 42

Fotografía 1.27. Sistema de prensas clásico 43

Fotografía 1.28. Sistema continuo de dos fases 44

Fotografía 1.29. Centrífuga vertical 46

Fotografía 1.30. Depósitos de almacenamiento 46

Fotografía 1.31.a. Loranca de Tajuña (Guadalajara) 52

Fotografía 1.31.b. Auñón (Guadalajara) 52

Fotografía 1.31.c. Vellisca (Cuenca) 53

Fotografía 1.31.d. Valdeolivas (Cuenca) 53

Fotografía 1.32. Suelo típico de los olivares de la Alcarria 54

Fotografía 1.33. Río Tajo – Zorita de los Canes, Guadalajara (arriba); Pantano de Buendía – Cuenca, Guadalajara (abajo) 56

Fotografía 1.34. Olivar de secano de la Alcarria labrado con cultivador 57

Fotografía 1.35. Árbol y aceitunas de la variedad *Castellana* 59

Fotografía 1.36. Árbol y aceitunas de la variedad *Gordera* 60

Fotografía 1.37. Árbol y aceitunas de la variedad *Martín Galgo* 61

Fotografía 1.38. Árbol y aceitunas de la variedad *Manzanilla del Centro* 62

Fotografía 1.39. Árbol y aceitunas de la variedad *Arbequina* 63

Fotografía 3.1. Aceites Delgado, S.L. (Loranca de Tajuña, Guadalajara) 77

Fotografía 3.2. Hermanos Pastor Vellisca, S.L. (Vellisca, Cuenca) 78

Fotografía 3.3. SAT Alcarria Baja (Auñón, Guadalajara) 78

Fotografía 3.4. Soc. Coop. Alta Alcarria (Valdeolivas, Cuenca) 79

Fotografía 3.5. Parcelas monovarietales de las variedades *Castellana* (arriba) y *Arbequina* (abajo) en la zona de estudio 84

Fotografía 3.6. Ejemplo del marcaje de olivos 86

Fotografía 3.7. Aspecto externo de las aceitunas recolectadas en envero (izquierda) y maduras (derecha) 87

Fotografía 3.8. Muestras de aceitunas en sacos de malla 88

Fotografía 3.9. Extracción de aceite de oliva mediante el extractor Oliomio TF 30 89

Fotografía 3.10. Recogida de muestras de aceite de oliva virgen de las almazaras 94

Fotografía 4.1. Recolección manual de aceituna mediante ordeño 104

Fotografía 4.2. Recolección mecanizada de aceituna mediante vibradores 105

Fotografía 4.3. Transporte de aceitunas en pequeños y grandes remolques 107

Fotografía 4.4. Lavado/duchado de aceitunas 113

Fotografía 4.5. Línea de procesado de la almazara de Olivares de Altomira (Vellisca, Cuenca) 116

Fotografía 4.6. Termobatidora de 1 cuerpo 119

Fotografía 4.7. Dosificadores de enzimas (arriba) y microtalco (abajo) 122

Fotografía 4.8. Centrífuga horizontal (decánter) de dos fases o salidas 124

Fotografía 4.9. Aspecto externo de una centrífuga vertical 125

Fotografía 4.10. Depósitos de decantación del aceite de oliva 127

Fotografía 4.11. Depósitos de almacenamiento de acero inoxidable (izquierda) y de fibra de vidrio (derecha) 130

Fotografía 4.12. Balsa de alpeorujo 132

Fotografía 4.13. Orujillo utilizado para calefacción de la propia almazara 134

Fotografía 4.14. Balsa de acumulación y evaporación 135

Fotografía 4.15. Hojas y ramas resultantes de la limpieza de las aceitunas 137

CAPÍTULO 1.

Introducción

1.1. EL OLIVO Y EL ACEITE DE OLIVA

El cultivo del olivo, *Olea europaea* L., ha sido muy común en toda la cuenca mediterránea y, además, seguramente el más antiguo. En Castilla-La Mancha, dicho cultivo siempre se realizó de forma tradicional, habiendo mostrado su mayor florecimiento con la presencia árabe en la Península Ibérica. La facilidad del cultivo, la mecanización en la recolección de la aceituna y la mejora tecnológica en la extracción de su aceite ha contribuido, por un lado, al mantenimiento de pequeñas explotaciones familiares (Fot. 1.1), orientadas como sobresueldo a la economía familiar, y por otro, a un incremento en el número de hectáreas y de explotaciones.

Fotografía 1.1. *Explotación familiar de olivos en la Alcarria*

El olivar es algo intrínseco dentro del paisaje típico castellanomanchego y esencial en la gestión y valorización del territorio. La vinculación de este cultivo a la región se pone de manifiesto en algunas fiestas populares como la *Fiesta del Olivo* en Mora (Toledo) y en Valdeolivas (Cuenca) (Fot. 1.2) y la *Fiesta del Sopetón* en Mohedas de la Jara (Toledo). También se realizan eventos como la *Feria del Aceite de Castilla-La Mancha* y las *Jornadas Gastronómicas del Aceite de Oliva*. El olivo y el aceite son una identidad en la cultura castellanomanchega.

Fotografía 1.2. *Cartel anunciador de la Fiesta del Olivo de la Alcarria 2019 en Valdeolivas (Cuenca)*

El uso del aceite de oliva ha estado ligado fundamentalmente a sus valores gastronómicos, nutricionales y cosméticos. A pesar de su antigüedad, no ha sido nunca más importante que ahora en los ámbitos ambiental, económico y social. Hoy en día, aceite de oliva es sinónimo de excelencia y salud, por lo que se le conoce como el *oro líquido* y existe un creciente interés en sus propiedades nutricionales, que juegan un importante papel en la conocida como dieta mediterránea. Por otra parte, es un producto muy apreciado por su sabor y su aroma (Aparicio & Harwood, 2003).

1.1.1. HISTORIA

El olivo es un árbol muy arraigado en la cultura mediterránea. Las más antiguas civilizaciones de la historia nos han dejado muestras claras de que el desarrollo del olivar y la producción de aceite florecieron con estas prósperas civilizaciones (Aparicio & Harwood, 2003).

En cuanto al origen del cultivo del olivo existen discrepancias. La mayoría afirma que debió surgir en Asia Menor, seguramente a partir del olivo silvestre o acebuche (*Olea europaea*, var. *oleaster*), hace unos 6.000 años. Otros autores lo refieren al sur del mediterráneo, en el actual Egipto y Etiopía. Sin embargo, gracias a estudios genéticos, se ha demostrado que su origen radica en cultivos originarios de Palestina, Líbano, Siria, Chipre e Israel (Kiritsakis, 1991) (Fot. 1.3).

Fotografía 1.3. *Expansión histórica del aceite de oliva por el mediterráneo (Fuente: La casa del aceite. Almazara San Cristóbal)*

La historia del aceite de oliva corre, como es lógico, y en íntima unión con la del olivo (Pardo, 2002). Si bien es cierto que la historia de los medios técnicos para la fabricación del aceite ha permanecido en un modesto segundo plano (Amouretti & Comet, 1989; 1993), es, sin embargo, especialmente brillante. Para la fabricación del aceite se inventaron las primeras prensas de árbol, las primeras muelas verticales y los primeros husillos.

Por otra parte, en las operaciones de transformación han perdurado, a través de los siglos, ciertas prácticas muy sencillas, a veces familiares. Estas prácticas permitían compensar uno de los principales inconvenientes de la fabricación del aceite, el de la irregularidad de la producción y la obligación de prensar inmediatamente después de la recolección. Por último, determinados tipos de fabricación se han conservado por motivos religiosos. Nuestra historia técnica del aceite de oliva nos remite una vez más a los sistemas sociales,

al aspecto mítico y al papel económico de este árbol, originario de la antigüedad (Amouretti, 1996).

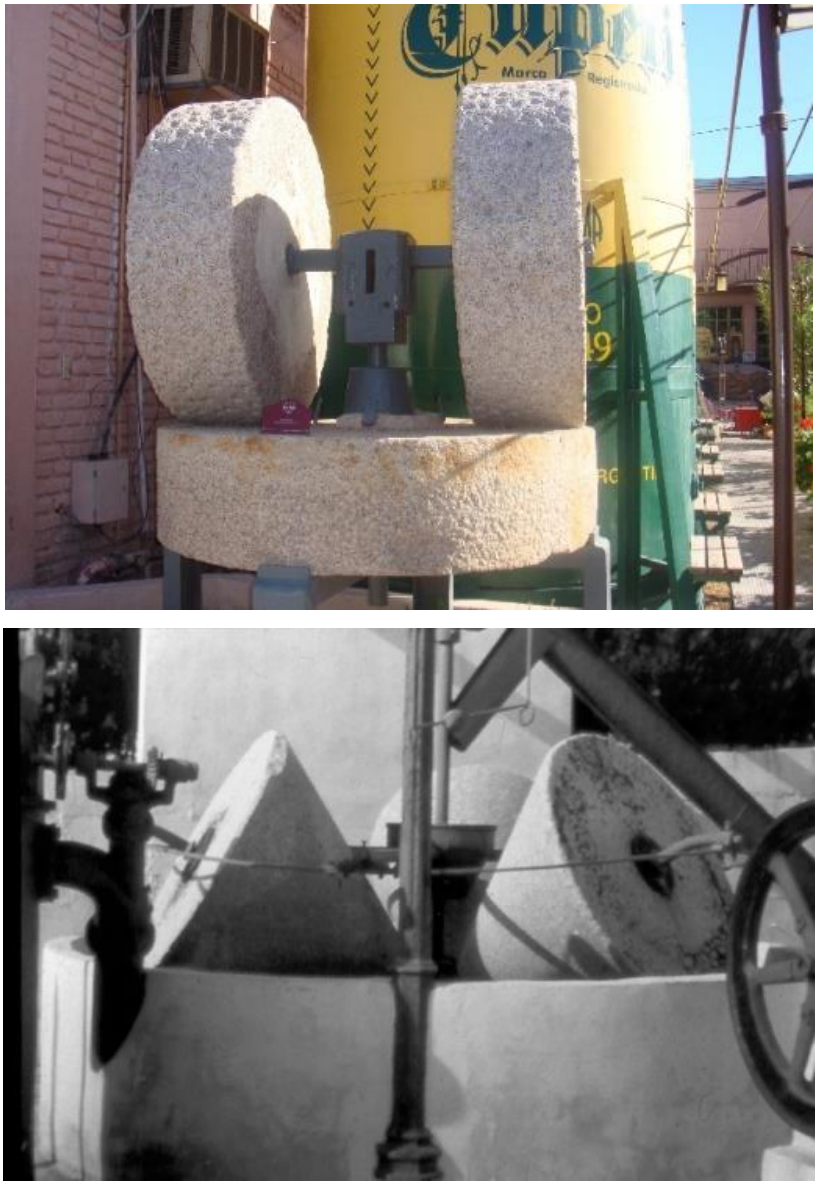
Las más antiguas referencias históricas o religiosas proceden de Egipto, en la que se afirmaba que el descubrimiento de cómo extraer el aceite se debía a la diosa *Isis*, esposa de *Osiris*, por lo que se remonta a más de 6.000 años de antigüedad (Ponsich, 1980; Gutiérrez, 1995).

En la antigua Grecia, el olivo alcanzó su consideración más elevada a partir del siglo IV a.C. y es donde está más documentada su historia y uso. Los primeros escritos sobre el aceite de oliva se encontraron en las tablillas minoicas de la antigua Creta (1.900 a.C.), testimonio arqueológico más importante del aceite de oliva. Según los griegos, fue *Cecrope*, fundador de Atenas, quien enseñó a extraer el aceite de las aceitunas, después de haber introducido en su patria el olivo, procedente de Egipto; sin embargo, la leyenda afirma que la estupenda invención fue hecha por *Aristeo*, hijo de *Apolo* y de la ninfa *Cirene* (quien dio el nombre a la Cirenaica, región muy rica en olivos en la antigüedad). También es importante recordar la veneración de la ciudad de Atenas por el olivo. Esta ciudad estaba completamente decorada con jardines, donde el olivo era la planta principal. Nadie podía cortarlos o herirlos sin sufrir la pena del destierro. Incluso, premiaban a los vencedores de las Olimpiadas con una corona realizada con sus hojas.

Esta misma veneración fue continuada por los romanos y por los pueblos sucesores, que lo convirtieron en un símbolo de paz y fertilidad. Los romanos fueron pioneros en usar el aceite de oliva como alimento y en consumir las aceitunas, usualmente conservadas en salmuera y otros aliños. Contribuyeron al desarrollo tecnológico del tratamiento de la aceituna, facilitando su molienda con una piedra de molino (Fot. 1.4), llamada *Trapetum* (Schäfer-Schuchardt, 1988) y mejorando el sistema de separación de las fases sólida y líquida, con la introducción de las prensas. La prensa de tornillo, primero utilizada por los griegos (50 a.C.) y después perfeccionada y difundida por los romanos, representó un gran avance en la obtención del aceite (Aparicio & Harwood, 2003).

Con la caída del Imperio Romano, también cae el cultivo del olivo, que no se recupera hasta la Edad Media, en gran parte por las comunidades religiosas. Durante este periodo de

tiempo no tienen lugar innovaciones en la tecnología de obtención del aceite. El sistema se perfecciona a finales del siglo XIX, cuando se pasa de las prensas de tornillo de metal o madera a la primera prensa hidráulica. Durante el siglo XX aparecen otros sistemas, tales como la extracción parcial (patentado por Buendía en 1951) y la centrifugación (primer decánter o centrífuga horizontal, a finales de 1960).



Fotografía 1.4. *Piedras de molino para molienda*

Se estima que la introducción del cultivo del olivo en España tuvo lugar en torno al año 1.050 a.C., de la mano de los fenicios, que atravesaban el mediterráneo con sus mercancías.

El aprecio por su fruto hizo que se extendiera por encima de la cordillera central hasta el río Ebro, con el único límite que imponía el clima y el suelo. Bajo la dominación romana, el aceite español se convirtió en un producto de lujo consumido por la aristocracia.

La decadencia del Imperio Romano hizo que la agricultura fuera decayendo, incluyendo el cultivo del olivo y la extracción del aceite. Afortunadamente, la presencia árabe conllevó la recuperación del olivo y del aceite y se convirtieron en un producto imprescindible a nivel social y económico, especialmente en la región de *Al-Andalus*, en la que destacaban las producciones de Jaén, Córdoba y Sevilla, con los mejores aceites del país.

1.1.2. CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA DEL OLIVO

1.1.2.1. SITUACIÓN TAXONÓMICA DEL OLIVO

El olivo (*Olea europaea* L.) pertenece a la familia botánica *Oleaceae*, que comprende especies de plantas distribuidas por las regiones templadas y tropicales del mundo. Hay unas 35 especies en el género *Olea* y más de 600 especies cultivadas. Incluida en la especie *Olea europaea* L. están todos los olivos cultivados y los acebuches u olivos silvestres (*O. europaea* var. *sylvestris*) (Barranco, 2008).

La especie *O. europaea* L. es la única de esta familia con fruto comestible (Guerrero, 2003). Hay diferencias de opinión sobre cómo subclasificar dentro de la especie, pero generalmente se considera que los olivos cultivados pertenecen a la subespecie *sativa* y los silvestres a la subespecie *sylvestris* (Barranco, 2008). Su interés no sólo radica en la producción de aceituna de mesa, sino en la extracción de aceites de inigualables propiedades nutricionales.

1.1.2.2. ASPECTOS GENERALES DEL CULTIVO

El olivo es un árbol poco exigente y de cultivo fácil, capaz de vivir en suelos pobres con climas áridos, aunque prefiere terrenos arenosos, calizos y bien drenados. Una vez bien arraigado, el olivo es un árbol poderoso y longevo, que puede vivir tanto tiempo como para hablar de olivos milenarios (Fot. 1.5).

Fotografía 1.5. *Olivo plantado en el siglo XVI por el capitán fundador de la olivicultura argentina Pedro de Alvarado (Catamarca, Argentina)*

A continuación, se explican algunos factores a tener en cuenta en el cultivo del olivo (Pastor & Humanes, 1996; Fernández, 1999; Morales, 1999; Raya *et al.*, 2019):

Clima

El olivo soporta temperaturas que van desde 45ºC a temperaturas bajo cero. Pese a ser un árbol muy resistente a las sequías, el rendimiento aumenta con el riego, siendo muy adecuado el sistema de goteo (Fot. 1.6), concentrando el mismo en los meses más calurosos del año. Los agentes meteorológicos más graves son los vientos secos y las temperaturas elevadas durante la floración, ya que pueden producir el aborto ovárico generalizado, resintiéndose seriamente la producción.

Mantenimiento del suelo

El laboreo del olivar se ha venido utilizando tradicionalmente para eliminar las malas hierbas y facilitar la penetración del agua de lluvia en el suelo. Ensayos realizados en campo ponen de manifiesto que el no laboreo (sustitución de dichas labores por el uso de

herbicidas) es una técnica más a utilizar y que, en muchos casos, presenta ventajas sobre el laboreo (mayor cantidad de suelo a disposición de los olivos al no dañar el sistema radicular más superficial, con lo que los olivos se hacen más grandes y producen más cosecha). Si se quiere conservar el suelo, las cubiertas vegetales son una práctica ideal, pudiendo ser sembradas o naturales (Fot. 1.7).

Fotografía 1.6. *Olivar con riego por goteo*

Fertilización

Los objetivos principales de la fertilización son la sustitución de los elementos esenciales que la planta extrae del suelo, el mantenimiento de su buen estado vegetativo y el incremento de la cosecha. Un programa de fertilización óptimo es aquel que minimiza el uso de fertilizantes aportados y, a la vez, corrige deficiencias y excesos de elementos minerales. La práctica general de la fertilización en el olivar muestra una interesante relación positiva entre el abonado con nitrógeno, fósforo y potasio. La existencia de necesidades nutritivas se muestra por la aparición de síntomas en el árbol, que aparecen cuando existen carencias graves. En este sentido, el análisis foliar parece ser el mejor método para identificar problemas nutritivos, para detectar niveles bajos de nutrientes, para medir la respuesta a los programas de fertilización y detectar toxicidades, ya que la hoja es

el principal lugar de metabolismo de la planta y los cambios en la aportación de nutrientes se reflejan en su composición.

Fotografía 1.7. *Olivar con cubierta vegetal*

Poda

La poda consiste en modificar la forma natural del árbol, vigorizando o restringiendo su desarrollo. Es una operación necesaria para mantener el equilibrio entre la vegetación y la producción en los árboles y es, por ello, que se trata de una operación de las que mayor repercusión tiene en la producción. Para la realización de una poda correcta, es necesario tener en cuenta una serie de factores, entre los que destacan la reacción varietal, la fertilidad del suelo, las condiciones climáticas, los métodos de cultivo, si es secano o regadío, el destino de la cosecha, la densidad de la plantación y el método de recolección.

Plagas y enfermedades

El olivo y la aceituna se encuentran sometidos a la acción de plagas y enfermedades. En cuanto a las plagas, por orden de importancia, según los daños que ocasionan, destacan la

polilla (*Prays oleae*), la mosca (*Bactrocera oleae*), el abichado (*Euzophera pingus*), la cochinilla (*Saissetia oleae*) y el barrenillo (*Phloetribus scarabeoides*).

En cuanto a las principales enfermedades, producidas por hongos, se encuentran el repilo clásico (*Spilocaea oleagina*), el repilo plomizo o cercospora y la verticilosis.

1.1.2.3. CARACTERÍSTICAS VEGETATIVAS DEL OLIVO

El olivo cultivado es un árbol de tamaño mediano, de 4 a 8 metros de altura (Fot. 1.8), según la variedad (Barranco, 2008). Puede permanecer productivo durante cientos de años (Uceda *et al*., 2004; Barranco, 2008). Su tronco es grueso y el color de la corteza es de color grisáceo, lleno de protuberancias y fisuras, especialmente a medida que se hace mayor.

Hojas de olivo

Las hojas del olivo (Fot. 1.9) son persistentes y se mantienen en el árbol hasta 3 años o incluso más. Son simples, con forma elíptica a lanceolada. El limbo es plano con los bordes ligeramente curvados hacia la parte inferior y con el nervio central muy marcado frente a los secundarios. El peciolo es muy corto (Guerrero, 2003; Barranco, 2008). La estructura de la hoja sirve para protegerla de la pérdida de agua. Por el haz son de color verde brillante, por su gruesa cutícula, y por el envés blanquecinas, por la densa pubescencia que las cubre y que tiene como fin protegerlas del frío en invierno y del calor en verano (Barranco, 2008).

Flor de olivo

La flor del olivo (Fot. 1.10) está reunida en inflorescencias, con un número de flores variable, según la variedad. Es hermafrodita y de tamaño pequeño. El cáliz es de color blanco verdoso y está constituido por cuatro sépalos. La corola está formada por cuatro pétalos dispuestos en cruz, de color blanco o blanco-amarillento (Barranco, 2008).

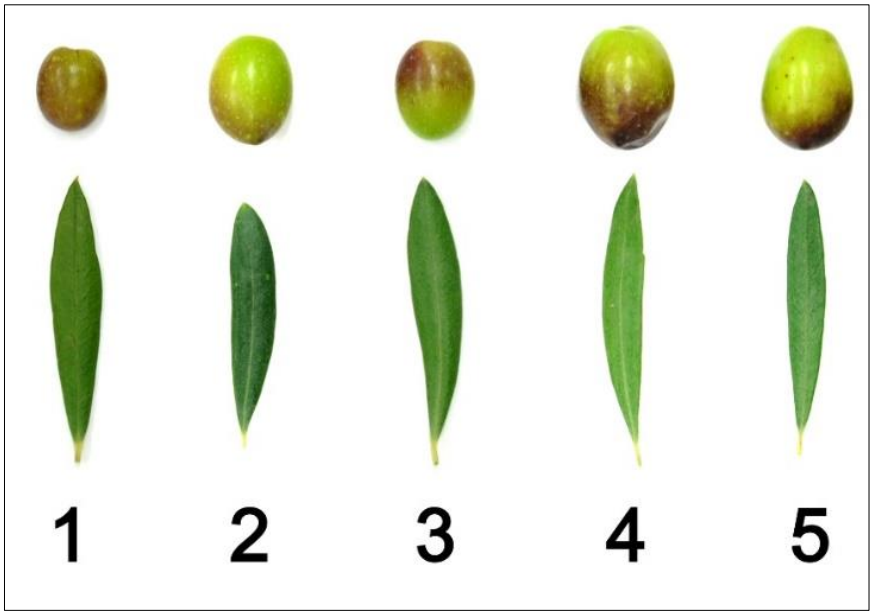
La mayoría de las variedades son capaces de dar fruto en condiciones de autopolinización, pero el cuajado, generalmente, se produce por la intervención de polen de otra variedad.

Fotografía 1.8. *Olivos de diferente tamaño. Arriba, Var. Arauco (Mendoza, Argentina); Abajo, Var. Castellana (Alcarria, España)*

La aceituna y sus estados de maduración

El fruto del olivo es la aceituna (Fot. 1.11). La aceituna se considera una drupa bicarpelar, de tamaño pequeño variable y con una sola semilla, generalmente. Su forma es de esférica a ovoidal. Se compone de tres tejidos principales: endocarpo, mesocarpo y exocarpo. El endocarpo es el hueso de la aceituna, el mesocarpo la carne o pulpa y el exocarpo la piel.

El color del fruto cuando está maduro es generalmente negro, aunque algunas variedades poseen un color rojizo en plena madurez (Barranco, 2008).



Fotografía 1.9. *Hojas y frutos de las variedades de olivo que se cultivan en la DOP Aceite de la Alcarria (1. Arbequina; 2. Castellana; 3. Manzanilla; 4. Gordera; 5. Martín Galgo)*

Fotografía 1.10. *Flor del olivo*

Fotografía. 1.11. *Fruto del olivo en distinto estado de maduración*

La composición de la aceituna es muy variable, y depende de la variedad, del tipo de suelo, del clima y del cultivo. Por término medio, las aceitunas se componen de aceite (18-32%), agua de vegetación (40-55%) y hueso y tejidos vegetales (23-35%).

La maduración de la aceituna se produce en nuestro país a partir del mes de octubre y su duración depende de diversos factores, como la edad del olivo, la variedad, el estado del árbol, las técnicas de cultivo y los factores ecológicos (humedad, luz, etc.); la maduración finaliza generalmente a finales de noviembre o diciembre (Tous & Romero, 1993; Salvador *et al.*, 2001).

Después del cuajado comienza un proceso de crecimiento rápido, que culmina con la formación de la semilla y el endurecimiento del hueso, y que va seguido por un incremento más lento del tamaño del fruto, acompañado en su etapa final, por un cambio de pigmentación en la epidermis, hasta alcanzar su tamaño definitivo.

Se denomina periodo de maduración de la aceituna al transcurrido desde que comienza el cambio de color externo del fruto (enverado) hasta que alcanza el color negro o violáceo característico. Es un proceso lento, durante el cual el fruto se enriquece en aceite, y cuya duración depende de la climatología, la magnitud de la cosecha del árbol, las características varietales y las prácticas culturales, estableciéndose su duración media entre 35 y 106 días. Su conocimiento es de especial importancia para determinar el periodo óptimo de recolección (Barranco *et al.*, 1998).

La pulpa aumenta de peso durante el verano, acelerando su crecimiento a partir de septiembre, hasta que se perciben los cambios estructurales que indican la aproximación del cambio de color o envero. Al principio del otoño, el color verde intenso evoluciona a verde claro amarillento y brillante, denominado tradicionalmente como fruto enverado o en envero. Posteriormente comienzan a aparecer pequeñas manchas rojizas o violáceas, principalmente en el ápice enverado, que se extienden y terminan por ocupar toda la piel. La aceituna sigue aumentando de peso una vez que aparecen las tonalidades rojizas del epicarpio, hasta llegar a un máximo, que se presenta en el momento en que el árbol contiene el mayor porcentaje de frutos en envero y que coincide, aproximadamente, con la desaparición de los frutos verdes. El mesocarpio, inicialmente de color blanquecino,

comienza a teñirse de color violáceo a partir del epicarpio, penetrando finalmente hasta el hueso. Mientras tanto, el epicarpio ha ido cambiando de color violáceo hasta violeta oscuro brillante. Los colores finales, tanto de la pulpa como de la piel, son característicos de cada variedad (Humanes & Civantos, 1993).

En el interior de la aceituna se producen numerosos procesos de transformación y síntesis de sustancias orgánicas durante la maduración, entre los que destaca la síntesis de triglicéridos, que se acumulan en el interior de las células del mesocarpio de las drupas, y que constituyen la casi totalidad del aceite de oliva. La formación del aceite en la pulpa comienza, por regla general, a mediados de julio, aumentando durante el otoño y alcanzando el máximo en diciembre o primeros días de enero. En general, la época de maduración fisiológica de la aceituna, en la que la lipogénesis alcanza su grado máximo, no coincide con la fase de maduración que permite obtener un aceite con las mejores características cualitativas y organolépticas. Todas las variedades de aceitunas producen excelentes aceites, cada uno con sus características particulares, siempre y cuando las aceitunas estén sanas, se molturen el mismo día de la recolección y el aceite se almacene de forma apropiada.

1.1.3. EL MERCADO GLOBAL DEL ACEITE DE OLIVA

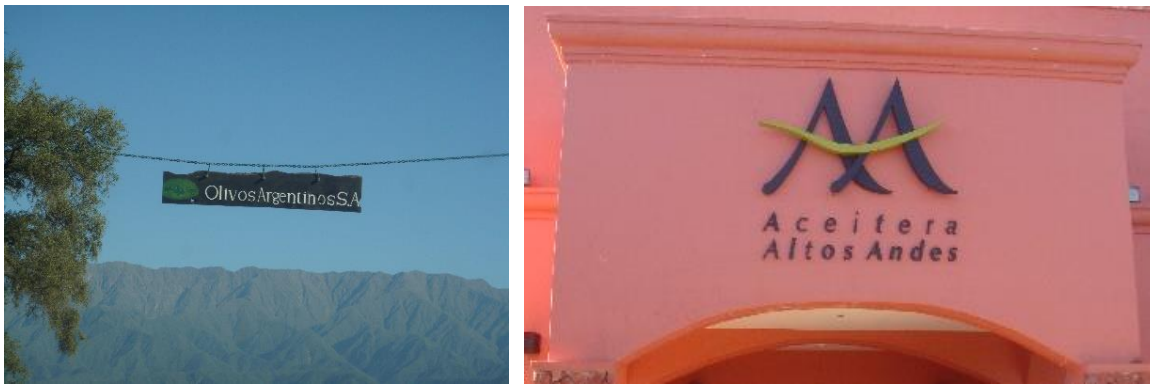
1.1.3.1. LA PRODUCCIÓN MUNDIAL DE ACEITE DE OLIVA

En el mundo hay 31 países productores de aceite de oliva. Los pertenecientes a la Unión Europea (UE) son España, Italia, Grecia, Francia, Portugal, Chipre, Croacia, Malta y Eslovenia. Fuera de la UE destacan Turquía, Túnez, Marruecos, Siria, Argelia y Argentina (Fot. 1.12).

En los últimos años, la producción de aceite de oliva mundial ha crecido hasta casi doblar su volumen, pasando de producirse 1.452,7 miles de toneladas en la campaña oleícola 1990/91 a 3.311,5 miles de toneladas en la 2017/18 (COI, 2019).

El principal país productor de aceite de oliva en el mundo es España, acaparando el 43% del total, si tenemos en cuenta, por ejemplo, las campañas oleícolas 2015/2016 a

2017/2018, seguido de Italia (12%) y Grecia (9%), mientras que el resto de los países de la UE, obtuvieron una producción equivalente al 4% (Fig. 1.1).



Fotografía. 1.12. *República Argentina como país representativo de la extensión del cultivo del olivo en el mundo*

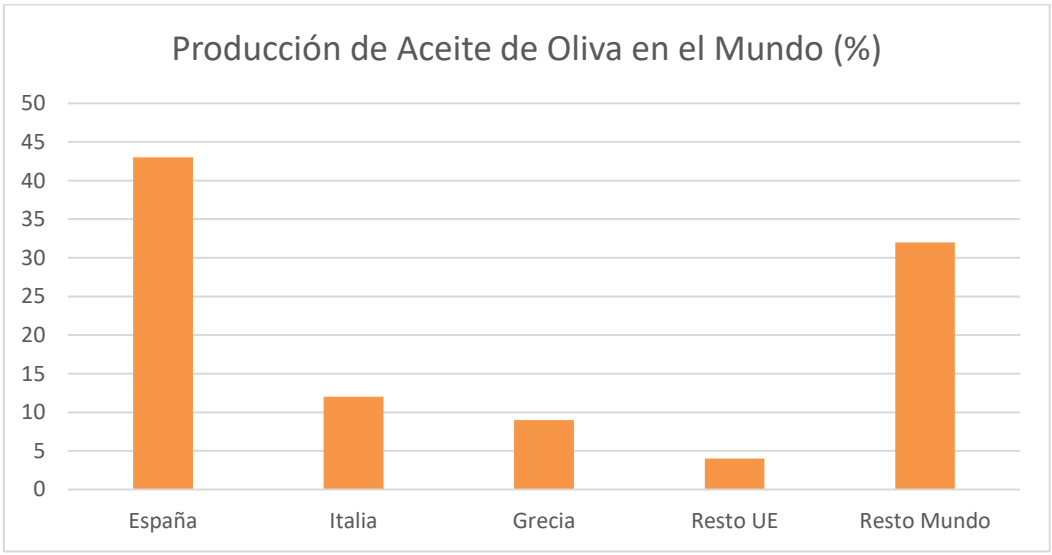


Figura 1.1. *Producción de aceite de oliva en el mundo (%). Fuente: Consejo Oleícola Internacional (COI, 2019)*

Así, en total, la producción de aceite de oliva de los países de la UE, en estas tres campañas oleícolas, supuso un 68% del total del aceite de oliva producido en el mundo. En definitiva, el peso de los países productores de aceite de oliva de la UE es mucho mayor que el de los países de fuera de ella (COI, 2019).

Fuera de la Unión Europea, hay cierta predominancia de Túnez y Turquía. Además, la trayectoria de la producción de los países de fuera de la UE presenta una estructura muy marcada de temporadas de producción bajas alternadas con temporadas de producción alta (vecería), un hecho que es característico del cultivo del olivo. Esta estructura de producción se encuentra más suavizada en los países de la UE. La menor producción de aceite de oliva fuera de la UE es también una consecuencia de que en estos países existen menos medios químicos de tratamiento de la tierra y de la planta del olivo, además, no existen políticas protectoras del sector agrícola fuertes y unificadas, como si ocurre en la UE. Otros factores que pueden llevar a cambios en la producción son sequías, temperaturas extremas, problemas fitopatológicos y plagas (Orlandi *et al.*, 2016).

En España, la producción media en aceite de oliva, si consideramos desde la campaña oleícola 1990/91 hasta la 2017/18, ha sido de 998,7 miles de toneladas, alcanzando la cantidad de 1.790,3 miles de toneladas en la campaña oleícola 2017/18.

Por comunidades autónomas destaca Andalucía, con una producción, en dicha campaña, de 1.458,9 miles de toneladas (81,5%), seguida muy a distancia de Castilla-La Mancha, con 178,2 miles toneladas (10,4%) y de Extremadura con, 78,5 miles de toneladas (4,6%) (Fig. 1.2) (MAPA, 2019).

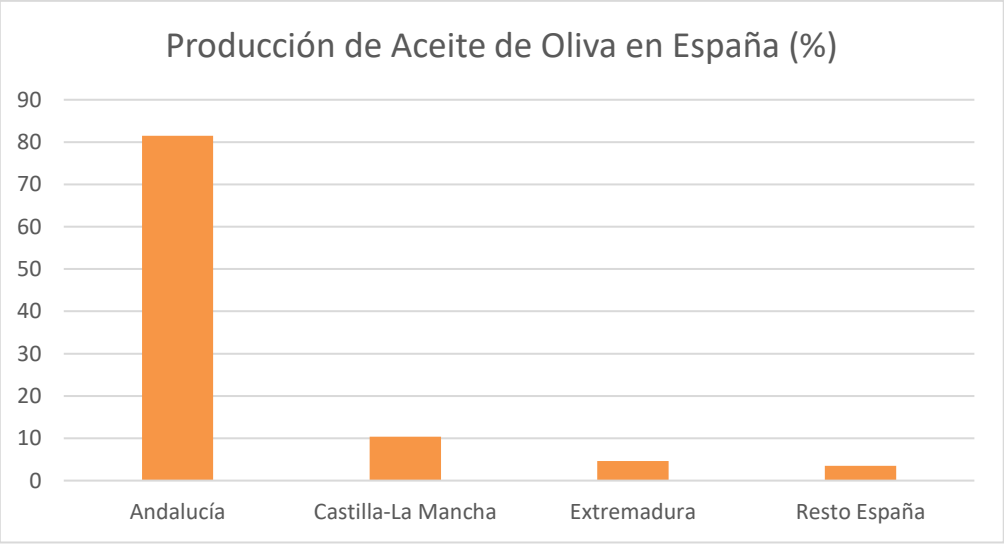


Figura 1.2. *Producción de aceite de oliva en España (%). Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA, 2019).*

1.1.3.2. CONSUMO MUNDIAL DE ACEITE DE OLIVA

El consumo de aceite de oliva se ha expandido por todo el mundo, gracias a los numerosos beneficios que aporta a la dieta. El aceite de oliva es un alimento que se consume diariamente en los hogares de los países con una fuerte cultura olivarera, aunque también, es cada vez más común, en las mesas de los países fuera del entorno mediterráneo, como un buen sustitutivo de otras grasas y aceites vegetales.

A principios de la última década del siglo XX, el consumo medio de aceite de oliva en el mundo era de, aproximadamente, 1,6 millones de toneladas. A principios del siglo XXI, dicho consumo aumentó drásticamente, alcanzando los 3 millones de toneladas, consumo que se ha mantenido prácticamente estable hasta la actualidad (COI, 2019).

La totalidad de los países productores de aceite de oliva, tanto de dentro como de fuera de la UE, son también consumidores. Los países consumidores no productores están encabezados por EEUU, con un consumo en las últimas tres temporadas de un 10,9% sobre el total consumido, seguido de Francia, con un 3,7%, y de Portugal, Reino Unido y Alemania, que conjuntamente consumen un 6,9% del total (COI, 2019). Otros países que son consumidores no productores son Brasil, Australia y China.

El consumo de aceite de oliva en España es elevado, sin embargo, en los últimos años se ha producido un ligero descenso. En la campaña oleícola 2017/18, el consumo de aceite de oliva en España se estimó en unas 470.000 toneladas, suponiendo una ligera recuperación en el consumo con respecto a la temporada anterior, pero sin salir de la tendencia a la baja en el consumo de aceite de oliva, que se viene experimentando desde la temporada 2012/13 (COI, 2019).

El consumo de aceite de oliva está condicionado por el precio, pero este no es el factor principal que motiva su consumo en España.

Los expertos en la materia señalan que, lejos de tratarse de un problema de comercialización o de calidad, la principal barrera al consumo de aceite de oliva es el incremento en el consumo de productos sustitutivos, en especial del aceite de girasol.

Además, apuntan a que se ha producido un trasvase de la demanda de los países mediterráneos hacia nuevos consumidores, lo que podría explicar la bajada en el consumo en los hogares españoles (Olimerca, 2018).

1.1.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA ACEITUNA Y DEL ACEITE DE OLIVA

La composición química de la aceituna depende de cierto número de factores, entre los que destacan la variedad, el estado de desarrollo y la madurez del fruto en la época de recolección; otros de menor trascendencia, pero suficientemente importantes, son la situación geográfica, la calidad del suelo, el tipo de cultivo, etc. (FAO, 1991).

Los componentes mayoritarios de la pulpa y de la semilla son el agua y el aceite, le siguen en importancia los azúcares y los polisacáridos (Fernández *et al*., 1982). Respecto al contenido proteico, se puede establecer un intervalo general entre el 1 y el 2% de la pulpa (FAO, 1991).

La pulpa contiene asimismo una cantidad relativamente abundante de componentes fenólicos que, expresados como ácido cafeico, pueden llegar hasta un 5% de su peso seco (oleuropeína y colorantes antociánicos), responsables del color morado, cuando las aceitunas alcanzan la madurez (FAO, 1991).

En la parte leñosa del hueso (Fot. 1.13), existe una cantidad elevada de fibra y valores bajos de grasa y proteínas, siendo muy escasos los azúcares libres presentes (Heredia & Fernández, 1987). La semilla contiene, aproximadamente, un 32% de humedad, 20% de grasa, 14% de proteínas, 1% de azúcares y 11% de fibra (FAO, 1991).

Fracción saponificable

Representa entre el 98,5 y el 99,5% del peso del aceite de oliva. Está formada por triglicéridos y algunos ácidos grasos libres. Los primeros son una combinación de la glicerina con los ácidos grasos. Los ácidos grasos caracterizan los aceites y forman parte de los triglicéridos. Entre los ácidos grasos hay que destacar:

- *Ácidos grasos saturados*: ácido mirístico ($C_{14:0}$), ácido palmítico ($C_{16:0}$), ácido esteárico ($C_{18:0}$), ácido aráquico ($C_{20:0}$).
- *Ácidos grasos monoinsaturados*: ácido palmitoleico ($C_{16:1}$), ácido oleico ($C_{18:1}$).
- *Ácidos grasos poliinsaturados*: ácido linoleico ($C_{18:2}$), ácido linolénico ($C_{18:3}$).

Fotografía. 1.13. *Hueso de aceituna separado del resto para la extracción del aceite contenido en su interior*

La mayor parte de los ácidos grasos presentes en el aceite de oliva son insaturados. Los principales ácidos grasos presentes como glicéridos en el aceite de oliva son: oleico, linoleico, palmitoleico, palmítico y esteárico (Fedeli, 1977). El ácido oleico se encuentra presente en mayor proporción (70-80% en peso) que los restantes ácidos grasos.

Fracción insaponificable

Supone entre el 0,5% y el 1,5% del peso del aceite de oliva (Kiritsakis, 1992). Esta fracción abarca una gran cantidad de componentes menores, denominados así, por no superar el 2% de su composición (Allouche *et al*., 2007), aunque de gran importancia en la calidad de los aceites, como son:

- *Tocoferoles*: α-tocoferol (o vitamina E), de carácter antioxidante, contribuyen a dar estabilidad al aceite de oliva.
- *Esteroles*: Alcoholes superiores monovalentes, entre los que predomina el β-sitosterol. Relacionados con la calidad del aceite de oliva.
- *Polifenoles*: Antioxidantes. Además, influyen en las cualidades organolépticas de los aceites. Los principales constituyentes son el tirosol y el hidroxitirosol.
- *Hidrocarburos*: Terpenos (escualeno), carotenos (provitamina A).
- *Pigmentos no terpénicos*: Clorofila. En la oscuridad actúa como antioxidante y potencia la acción de otros antioxidantes.
- *Compuestos volátiles*: Alcoholes, cetonas, ésteres, etc., responsables de los aromas de los aceites.

1.2. LA CALIDAD EN EL ACEITE DE OLIVA

La obtención de calidad en el aceite de oliva depende de muchos factores, pero quizás, lo más decisivo, es la dedicación y el cuidado que el almazarero debe prestar al producto. En este contexto de obtener la máxima cantidad de aceite de la mejor calidad posible, es conveniente hacer algunas reflexiones (Uceda, 1999; Pardo, 2002, 2006):

- La obtención de la calidad es una cadena que comienza en el olivo y termina cuando la botella llega al consumidor. La rotura de un solo eslabón de esta cadena supone la pérdida irreversible de la calidad.
- Es prácticamente imposible que toda la materia prima y todo el aceite obtenido sea de excelente calidad. Debe tenerse presente que la mezcla de un buen aceite con otro malo da como resultado un aceite de mala calidad.
- Por último, es conveniente indicar que, en el proceso de elaboración y conservación, hay que evitar las fermentaciones y las oxidaciones, ya que su existencia deteriora la calidad de los aceites, desde los puntos de vista fisicoquímico y sensorial.

1.2.1. CONCEPTO DE CALIDAD EN EL ACEITE DE OLIVA

El patrón que define la calidad del aceite de oliva viene representado por un zumo oleoso obtenido de aceitunas frescas y en perfectas condiciones de madurez, procedentes de un olivo sano y evitando toda manipulación o tratamiento que altere la naturaleza química de sus componentes, tanto en su extracción como en el transcurso de su almacenamiento (Pardo *et al*., 1998).

Es conveniente distinguir entre *calidad* y *tipo de aceite*. La calidad ya la hemos definido, mientras que el tipo de aceite vendrá determinado por sus características organolépticas y componentes químicos (Carpio & Jiménez, 1993). Así, de dos variedades distintas se pueden obtener dos tipos de aceites diferentes de la misma calidad.

La definición anterior de calidad se corresponde con la calidad reglamentada, entendiendo por tal, aquella definida por las normas establecidas, pero existen otras concepciones de calidad (Pardo *et al*., 1996, 1998):

- *Calidad nutricional y terapéutica*. Íntimamente relacionadas con la composición del aceite de oliva, en especial, con los contenidos en ácido oleico (ácido graso poliinsaturado) y en dos antioxidantes naturales como son los tocoferoles (vitamina E) y los polifenoles.
- *Calidad culinaria*. Hace referencia a la utilización en crudo y en fritura. En crudo, son las características sensoriales las que definen su calidad. En fritura, la calidad viene marcada por la resistencia a la termooxidación y la penetración de la grasa en los alimentos (muy ligado al gasto de aceite).
- *Calidad comercial*. Muy relacionada con la estabilidad, que permite predecir el enranciamiento, y, por tanto, la caducidad del aceite.

1.2.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS ACEITES DE OLIVA

La caracterización de los aceites de oliva virgen se ha venido realizando, tradicionalmente, a través de índices analíticos, más relacionados con su posible grado de alteración que con sus cualidades positivas intrínsecas. Los límites que impone la legislación vigente son de gran ayuda para facilitar la comercialización de los aceites, pero, en muchos casos, no se tiene en cuenta las especiales características de este producto que lo hacen preferible en el consumo frente a otras grasas comestibles.

El control analítico en los aceites de oliva virgen tiene como principal finalidad determinar dos aspectos: pureza y calidad. La pureza o autentificación garantiza la ausencia de mezclas de aceite de oliva con otras grasas, bien sea por contaminación accidental o por práctica fraudulenta, derivada de la diferencia de precio entre los diferentes aceites comestibles.

La calidad determina las diferentes categorías comerciales de aceite de oliva y, por tanto, está directamente relacionada con el precio.

Para caracterizar un aceite de oliva virgen se precisa analizar parámetros de calidad fisicoquímica y sensorial reglamentada, parámetros de estabilidad, la composición en ácidos grasos y en triglicéridos y la composición en esteroles y dialcoholes triterpénicos (Pardo *et al.*, 2007, 2011a, 2011b, 2012, 2013, 2020; Sena *et al.*, 2015; Alvarruiz *et al.*, 2015).

Parámetros de calidad fisicoquímica reglamentada

Se incluye la acidez libre, el índice de peróxidos y la absorbancia en el ultravioleta (K_{232} y K_{270}). Estos parámetros se encuentran regulados en el Reglamento (UE) Nº 61/2011 de la Comisión de 24 de enero de 2011 (UE, 2011), por el que se modifica el Reglamento (CEE) nº 2568/91, relativo a las características de los aceites de oliva y de los aceites de orujo de oliva y sobre sus métodos de análisis (CEE, 1991).

- *Acidez libre*. Determina la cantidad de ácidos grasos libres, expresado como porcentaje (%) de ácido oleico. También se expresa en grados (º). Es un parámetro negativo, pues altos valores indican baja calidad y viceversa. Según el Reglamento (UE) Nº 61/2011, el máximo de acidez libre permitido es de 2 g de ácido oleico por 100 g de aceite (UE, 2011). La acidez es una anomalía resultante del mal estado de los frutos, del tratamiento inadecuado o de la mala conservación (Pardo, 2002).
- *Índice de peróxidos*. Determina el estado de oxidación inicial y el deterioro que pueden haber sufrido ciertos componentes de interés nutricional, como la vitamina E (Pardo, 2002). También es un parámetro negativo. Se mide en meq de oxígeno activo por kg de muestra y el límite máximo permitido es de 20, según el Reglamento (UE) Nº 61/2011 (UE, 2011). Cifras elevadas de este índice, señalan bajas temperaturas en la última etapa de maduración, o el empleo de altas temperaturas en alguna fase del proceso de elaboración (Pardo, 2002).
- *Absorbancia en el ultravioleta*. Mide la absorbancia de un aceite a las longitudes de onda 232 y 270 nm. Se utiliza para detectar componentes anormales en un aceite virgen, como hidroperóxidos, diacetonas y cetonas alfa insaturadas, resultado de la transformación de los peróxidos, poco estables. Los límites establecidos por la Reglamentación Europea son de 2,60 para el K_{232} y de 0,25 para en K_{270} (UE, 2011). Una recolección muy tardía, atrojado, enranciamiento o elevada acidez son las causas más comunes de un K_{270} alto (Pardo, 2002).

Parámetros de calidad sensorial reglamentada

Se denominan así al conjunto de sensaciones olfato-gustativo-táctiles detectadas por los sentidos (Pardo, 2002). Corresponden a la mediana de los defectos, la mediana del frutado

y la clasificación Panel-Test. La calidad sensorial juega un importante papel en la aceptabilidad de los alimentos. Estos parámetros deben ser evaluados por un panel de catadores acreditados (Fot. 1.14). Su alteración es consecuencia del estado de madurez de los frutos, de su estado sanitario, del manejo de estos o de los errores en el proceso de extracción y conservación del aceite.

Fotografía. 1.14. *Catadora de aceite de oliva y otros complementos de evaluación sensorial de aceites utilizados por catadores acreditados*

Dentro de los atributos positivos destacan el frutado, el amargo y el picante; como defectos principales, atrojado, avinado, rancio y borras (Pardo, 2002).

Sus valores también se encuentran regulados en el Reglamento (UE) Nº 61/2011 (UE, 2011). La mediana del defecto (Md) debe ser de cero para los aceites de oliva virgen extra y menor o igual de 3,5, para los aceites de oliva virgen, precisando, en ambos casos, una mediana del frutado (Mf) mayor de cero.

Parámetros de estabilidad

Los parámetros de estabilidad proporcionan una buena estimación de la susceptibilidad de los aceites y grasas a la degeneración autooxidativa, lo que en los aceites de oliva virgen conduce, fundamentalmente, a su enranciamiento.

Estos parámetros están influenciados por la variedad (Uceda *et al*., 1989; Tous & Romero, 1993), el grado de maduración de la aceituna (García *et al*., 1996b, Fuentes *et al.*, 2013, 2015; Pardo *et al.*, 2020), la presencia de polifenoles y la composición en ácidos grasos (Tous *et al.*, 1997; Pardo *et al*., 2007, 2011a, 2011b, 2012, 2013, 2020). Los parámetros que se utilizan son:

- *Polifenoles totales*. Antioxidantes naturales de gran interés nutricional y terapéutico. Se expresa en mg de ácido cafeico por kilogramo de aceite.
- *Tocoferoles*: Contribuyen a dar estabilidad al aceite y desempeñan un papel beneficioso en la salud por su actividad antioxidante. El tocoferol mayoritario es el α-tocoferol, que supone el 95% del total de los tocoferoles.
- *Estabilidad oxidativa*. Mide la resistencia de un aceite a la oxidación. Se expresa en tiempo de inducción (h).

Composición en ácidos grasos

Se centra en el estudio de seis ácidos grasos mayoritarios en el aceite de oliva (palmítico, palmitoleico, esteárico, oleico, linoleico, linolénico) y otros que están presentes, pero en menor cantidad, a veces tan pequeña, que incluso no llegan a detectarse (mirístico, margárico, margaroleico, aráquico, gadoleico, behénico, lignocérico). Se expresan en porcentaje (%).

Su estudio, ha sido utilizado, previamente, por numerosos autores como parámetro de clasificación de los aceites (Alonso & Aparicio, 1993; Lanza *et al*., 1998; Motilva *et al.*, 2001; Pardo *et al.*, 2007, 2011a, 2012, 2013, 2020; Lukic *et al.*, 2013; Martínez *et al.*, 2014; Rabadán *et al.*, 2017). El Reglamento (UE) Nº 61/2011 establece unos valores determinados para que el aceite de oliva sea considerado como tal (UE, 2011).

Composición en triglicéridos

Los triglicéridos son el principal componente del aceite de oliva virgen. El perfil de triglicéridos se ha utilizado en numerosas ocasiones para caracterizar determinados aceites de oliva (Ollivier *et al.*, 2006; Yorulmaz *et al.*, 2014, Pardo *et al.*, 2020), variedades de

aceituna (Haddada *et al.*, 2007), intentar diferenciar zonas de producción (Sánchez *et al.*, 2009; Longobardi *et al.*, 2012) y para detectar posibles adulteraciones con otros tipos de grasas y aceites vegetales (Christopoulou *et al.*, 2004; Jabeur *et al.*, 2014).

Composición en esteroles

Es un parámetro de gran utilidad para detectar adulteraciones por la presencia de otras grasas y aceites en el aceite de oliva virgen, ya que puede ser considerada como su auténtica huella dactilar (Jiménez & Del Valle, 1996; Cert *et al*., 1997; Salvador *et al*., 2001; Pardo *et al*., 2007, 2011a, 2012, 2013, 2020; Aparicio *et al.*, 2013). Su estudio, junto con el de los ácidos grasos, ha servido para clasificar el origen varietal de los aceites (Sánchez *et al*., 2009).

De acuerdo con el Reglamento (UE) Nº 61/2011, los esteroles que se analizan son los siguientes: colesterol, brasicasterol, campesterol, estigmasterol, β-sitosterol, Δ7-estigmastenol y esteroles totales (UE, 2011). El contenido se expresa en porcentaje (%).

Composición en dialcoholes triterpénicos (eritrodiol+uvaol)

Localizados en el exocarpo de la aceituna, han sido propuestos como parámetros aplicables en la caracterización de los aceites de oliva, ya que el perfil de esteroles difiere de una variedad a otra (Sánchez *et al*., 2004). Su análisis se realiza junto con la fracción esterólica. Su contenido está restringido por el Reglamento (UE) Nº 61/2011 a un máximo de 4,5% del total de esteroles (UE, 2011). Altas concentraciones indican una posible adulteración con aceite de orujo y constituyen, por tanto, otro importante índice de autenticidad (Martínez *et al.*, 2015).

1.2.3. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS ACEITES DE OLIVA

La definición y clasificación del aceite de oliva viene determinada en el Reglamento CE 1234/2007 (CE, 2007), el cual crea una organización común de mercados agrícolas y establece disposiciones específicas para determinados productos agrícolas, entre ellos, el aceite de oliva.

1.2.3.1. ACEITE DE OLIVA VIRGEN

Aceite obtenido del fruto del olivo exclusivamente por medios mecánicos (Fot. 1.15) u otros procedimientos físicos aplicados en condiciones que excluyan toda alteración del producto, y que no se han sometido a ningún otro tratamiento que no sea su lavado, decantación, centrifugado o filtración, excluidos los aceites obtenidos mediante disolventes o de coadyuvantes de acción química o bioquímica, por un procedimiento de reesterificación o como resultado de mezcla con aceites de otros tipos.

Fotografía. 1.15. *Simulación de la extracción de aceite de oliva mediante medios mecánicos*

El aceite de oliva virgen se clasificará de la forma siguiente, teniendo que cumplir con los siguientes requisitos (UE, 2011):

Aceite de oliva virgen extra

Aceite de oliva virgen que tiene una acidez libre máxima, expresada en ácido oleico, de 0,8 g por 100 g de muestra, un índice de peróxidos ≤ 20, un K_{232} ≤ 2,50, un K_{270} ≤ 0,22, una Md= 0 y una Mf > 0.

Aceite de oliva virgen

Aceite de oliva virgen que tiene una acidez libre máxima, expresada en ácido oleico, de 2 g por 100 g de muestra, un índice de peróxidos ≤ 20, un K_{232} ≤ 2,60, un K_{270} ≤ 0,25, una Md ≤ 3,5 y una Mf > 0.

Aceite de oliva lampante

Aceite de oliva virgen que tiene una acidez libre, expresada en ácido oleico, de más de 2 g por 100 g, y/o un índice de peróxidos > 20, y/o un K_{232} > 2,60, y/o un K_{270} > 0,25, y/o una Md > 3,5.

1.2.3.2. ACEITE DE OLIVA REFINADO

Aceite de oliva que, habiéndose obtenido del refinado de aceites de oliva vírgenes, presenta una acidez libre, expresada en ácido oleico, de no más de 0,3 g por 100 g de muestra, un índice de peróxidos ≤ 5 y un K_{270} ≤ 1,10.

1.2.3.3. ACEITE DE OLIVA

Aceite de oliva que, habiéndose obtenido de una mezcla de aceite de oliva refinado y de aceite de oliva virgen distinto del lampante, presenta una acidez libre, expresada en ácido oleico, de no más de 1 g por 100 g de muestra, un índice de peróxidos ≤ 15 y un K_{270} ≤ 0,90.

1.2.3.4. ACEITE DE ORUJO DE OLIVA

Aceite que, habiéndose obtenido de una mezcla de aceite de orujo de oliva refinado y de aceite de oliva virgen distinto del lampante, presenta una acidez libre, expresada en ácido oleico, de no más de 1 g por 100 g de muestra, un índice de peróxidos ≤ 15 y un K_{270} ≤ 1,70.

1.2.4. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DEL ACEITE DE OLIVA VIRGEN

La calidad de un aceite de oliva nace en el campo y debe mantenerse a lo largo del proceso de elaboración y conservación. Una vez se pierda la calidad será imposible recuperarla. A continuación, se detallan los principales factores que influyen en la calidad del aceite de oliva virgen (Hermoso *et al*., 1991; Civantos *et al*., 1992; Carpio & Jiménez, 1993; Hermoso *et al*., 1995; Humanes, 1995; Ryan *et al*., 1998; Pardo *et al*., 1998; Uceda, 1999; Andrés *et al*., 2001; Pardo, 2002; Linares *et al*., 2006; Di Giovacchino, 2013; Caponio *et al*., 2014).

Clima y suelo

Deben ser factores determinantes, al igual que ocurre en muchas otras especies frutales, aunque en el olivo no se conoce todavía con precisión la influencia de los mismos. Se conocen datos acerca de qué tras fuertes heladas, el índice de peróxidos aumenta. Esto ocurre si el fruto no está suficientemente maduro, pues si se producen cuando está en estado avanzado de maduración, los frutos no sufren alteraciones, aunque caen al suelo con mayor facilidad. No obstante, si se moltura de forma inmediata, se obtienen aceites correctos, aunque con aromas amortiguados y de sabor más dulce. También se ha constatado que los olivares de sierra producen aceites más aromáticos y estables que los situados en suelos fértiles de alta producción (Fot. 1.16), aunque aquí parece influir la mejor sanidad del fruto.

Pluviometría

Es un factor limitante, pues resulta difícil obtener aceites de calidad con frutos agotados por déficit hídrico. Cuando se trata de un factor limitante, se aconseja el riego. El olivar en regadío, en general, proporciona aceites más dulces que aquel que ha sufrido estrés hídrico, de menor contenido en polifenoles y, por tanto, menor estabilidad. El grado de amargor disminuye al aumentar la cantidad de agua aportada con el riego. La composición acídica también se altera por el riego; el contenido en ácidos grasos mono y poliinsaturados es mayor en aceites de secano, siendo los saturados más abundantes en los aceites procedentes de olivar de regadío.

Fotografía. 1.16. *Olivar cultivado en sierra (arriba) frente a olivar cultivado en tierra fértil (abajo)*

Protección fitosanitaria

La protección fitosanitaria del olivo es, sin duda, la técnica de cultivo más importante. Para alcanzar aceites de calidad es absolutamente necesario que los frutos se conserven sanos y que permanezcan en el árbol hasta el momento de la recolección. Las plagas y enfermedades influyen negativamente en la calidad de los aceites, siendo el daño causado

más importante el de la mosca del olivo *(Bactrocera oleae*), al favorecer el desarrollo de hongos y microorganismos que aumentan el grado de acidez y deterioran las características organolépticas. *Cycloconium oleaginum* (repilo) ataca el pedúnculo del fruto, provoca la caída de éstos, con el consiguiente demérito de la calidad del aceite obtenido (Fot. 1.17).

Fotografía 1.17. *Hojas de olivo atacadas por repilo (Cycloconium oleaginum)*

Otras enfermedades, como el *Gloesporium olivarum* (aceituna jabonosa), inciden directamente en la calidad, dando aceites de coloraciones rojizas y elevada acidez, que aumenta linealmente con el porcentaje de frutos atacados.

Recolección y transporte de las aceitunas

La recolección es una operación decisiva tanto por la época como por la técnica utilizada (Fot. 1.18). Es necesario que durante la recolección la epidermis del fruto se mantenga íntegra, ya que lo defiende del ataque de patógenos, así como recolectar por separado la aceituna del suelo de la del árbol. Durante el transporte también hay que evitar que se dañen los frutos.

Fotografía 1.18. *Recogida de aceitunas manual (sistema de ordeño) (arriba) y mecanizada (vibrador con paraguas) (abajo)*

Recepción del fruto

En toda almazara debe existir un punto de recepción para aceitunas procedentes del árbol y las recogidas del suelo o con importantes daños. La gestión de la recepción (Fot. 1.19) es esencial, ya que los frutos que potencialmente pueden dar aceites de calidad (sanos, procedentes del árbol, etc.), deben seguir una línea diferenciada, desde la recepción hasta el almacenamiento del aceite, de la de otros tipos de frutos de los que se sospeche que los aceites no serán buenos (suelo, picados de mosca, etc.).

Fotografía 1.19. *Recepción de aceitunas.*

Limpieza y lavado

Al fruto siempre acompañan hojas y otros elementos menos pesados, cuya presencia comunica al aceite sabores excesivamente amargos, astringentes y verdes. Para su eliminación, se utilizan las limpiadoras (Fot. 1.20), que mediante una corriente de aire separan estos elementos menos pesados.

La aceituna del suelo, y ocasionalmente también la del árbol, contiene otro tipo de impurezas como tierra, barro, piedras, etc., cuya separación es necesaria porque provocan desgastes excesivos en la maquinaria, disminuyen el rendimiento industrial obtenido y

comunican al aceite sabor a tierra, moho, etc. Su eliminación se hace mediante lavadoras de agua (Fot. 1.21).

Fotografía 1.20. *Hojas de olivo eliminadas mediante limpiadora*

El lavado de la aceituna sólo debe realizarse cuando la aceituna esté realmente sucia, ya que esta operación ocasiona una disminución del rendimiento industrial, dificulta la extracción, y favorece la formación de pastas difíciles, y aceite con menor contenido en polifenoles y, por tanto, con menor intensidad de amargor y menor estabilidad.

Almacenamiento

Una vez limpiado y pesado el fruto, es necesario almacenarlo en tolvas de espera (Fot. 1.22), hasta el momento de la molturación.

El tiempo de espera debe reducirse al mínimo para evitar que las aceitunas se alteren y se atrojen. Para ello, la aceituna debe molturarse en las 24 horas siguientes a su recolección, ya que el almacenamiento prolongado del fruto, conocido como atrojado (Fot. 1.23), es la principal causa de deterioro de la calidad de los aceites.

Fotografía 1.21. *Aceitunas en proceso de lavado*

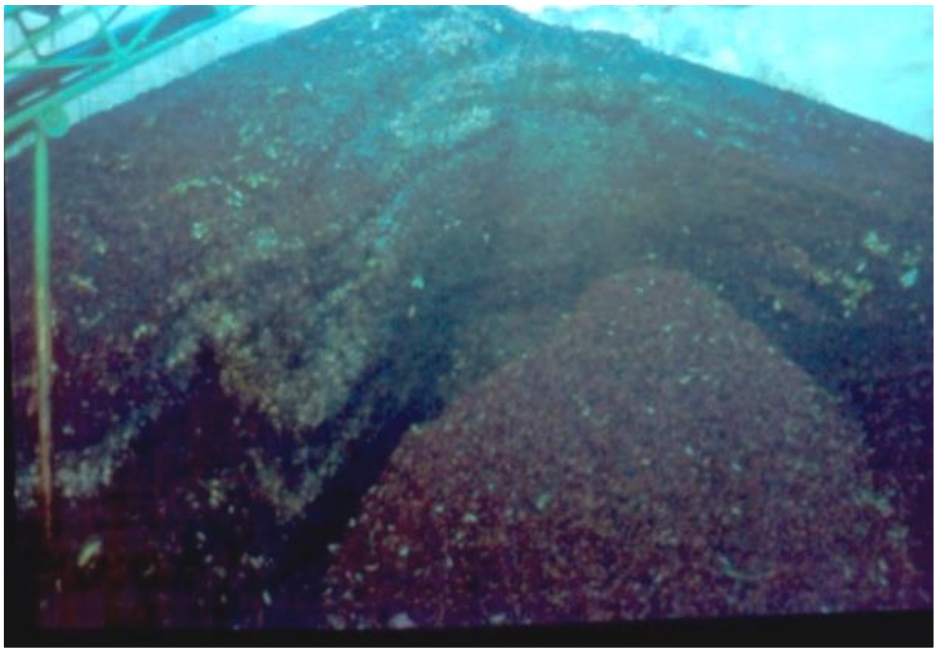
Las fermentaciones que se producen, debido a los microorganismos presentes, hongos y bacterias, provocan una grave alteración de los caracteres organolépticos, subida de acidez y del contenido en ceras, disminución de la estabilidad y modificación de la composición esterólica.

Molienda

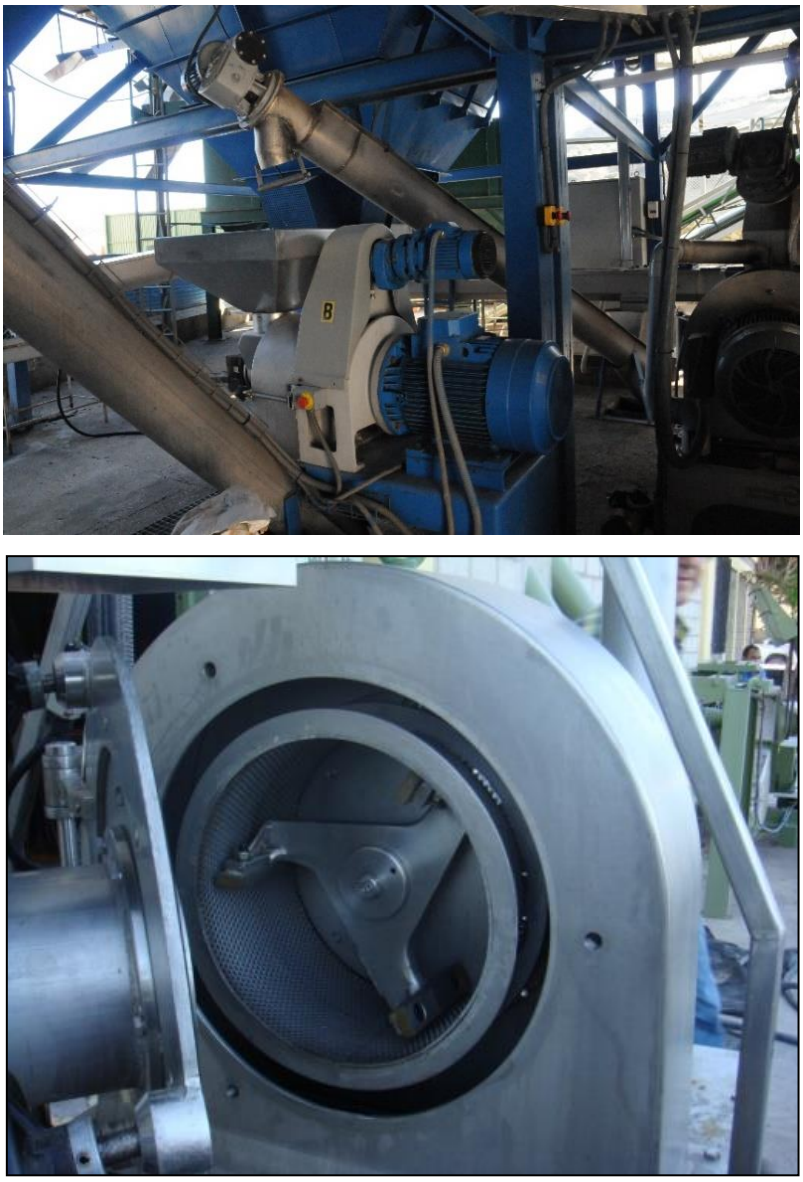
El aceite se encuentra en la aceituna en forma de pequeñas gotitas alojadas, fundamentalmente, en las vacuolas del mesocarpio. En consecuencia, para extraerlo, es necesaria una molienda del fruto, al objeto de destruir los tejidos vegetales y liberar las

gotas de aceite. Esta operación, esencial para producir aceites de calidad, puede hacerse mediante molinos de empiedros (Fot. 1.4.), hoy en día en desuso por su baja rentabilidad, o mediante molinos metálicos de martillo (Fot. 1.24). Los aspectos para considerar son:

Fotografía 1.22. *Tolva de espera con aceitunas*



Fotografía 1.23. *Aceitunas atrojadas*



Fotografía 1.24. *Molino de martillos.*

- Ha de reducirse, en lo posible, la superficie y el tiempo de molienda; con ello se evita el contacto de la masa con el oxígeno del aire, hecho que provoca la pérdida de aromas e inicia los procesos de oxidación.
- Hay que limitar la incorporación de trazas metálicas a la masa; estas trazas deterioran el color y el sabor, y son catalizadores de procesos oxidativos en los aceites, disminuyendo la estabilidad de estos. Este problema se manifiesta con más claridad en los molinos de martillos, cuando sus elementos, comienzan a desgastarse.

- También ha de evitarse la formación de emulsiones, debidas a la incorporación de agua, molienda excesivamente fina, etc.

Batido

La operación de batido consiste en remover lenta y continuamente la pasta, con el objetivo de formar una fase oleosa continua (Fot. 1.25) y, así, facilitar la separación del aceite en los siguientes procesos de elaboración.

La operación se realiza en las clásicas batidoras, constituidas por uno o varios depósitos o cuerpos (Fot. 1.26), de capacidad variable, en cuyo interior giran unas paletas cuya misión es voltear la masa, y, en alguna medida, ejercer un efecto de cizallamiento. Según sea la disposición del eje de rotación de las paletas, las batidoras se clasifican en verticales u horizontales.

Fotografía 1.25. *Pasta oleosa formada en la batidora.*

Los aspectos que hay que tener en cuenta durante esta operación son la temperatura de la masa y el tiempo de batido.

Fotografía 1.26. *Batidora de tres cuerpos.*

La temperatura adecuada es de 28±2ºC en la pasta. Si bien es cierto que un aumento de la temperatura favorece la extracción, si se sobrepasa se provocan alteraciones en la calidad del aceite, tales como, aumento del índice de peróxidos, pérdida de aromas, pérdida de la estabilidad, descenso del frutado de aceituna y aumento de la sensación de astringencia o aspereza del aceite.

Por tanto, si se desea obtener aceites de calidad, la temperatura de la pasta al final del batido no debe superar los 30ºC. La posible pérdida de extractabilidad, puede compensarse con otros mecanismos (adición de coadyuvantes tecnológicos o reducción de la cantidad de masa procesada).

Para conseguir una adecuada extractabilidad se necesita un tiempo de batido efectivo de unos 40-60´ para las masas procedentes de molinos de empiedro y aproximadamente 60-90´ las de molinos metálicos. Cuando el tiempo de batido es inferior al aconsejado se obtiene una menor cantidad de aceite, mientras qué, si este es excesivamente largo, produce un descenso del contenido de polifenoles y de los parámetros con él relacionados, estabilidad y amargor.

Separación sólido-líquido

La pasta está constituida por tres elementos fundamentales: aceite, agua y materia seca. El objeto de la industria es separar el aceite del resto de los componentes. En la actualidad coexisten, aunque de forma muy desigual, dos procedimientos de separación: el de presión y el de centrifugación.

Presión

En este sistema, los líquidos filtran a través de los sólidos, ayudados por la presión que se realiza en la masa (Fot. 1.27). La limpieza de los capachos es fundamental, tanto para conseguir un buen agotamiento de los orujos, como para obtener aceites de calidad. Conforme aumenta el prensado aumenta la acidez, debido, en gran parte, al contacto cada vez más íntimo del aceite con los residuos fermentados, que se van acumulando en los capachos. Esta subida de la acidez va acompañada del deterioro sensorial de los aceites.

Fotografía 1.27. *Sistema de prensas clásico.*

La limpieza de las instalaciones es muy importante, ya que el aceite puede adquirir sabores extraños, fácilmente detectables en un panel de cata (avinado).

Centrifugación

Este sistema consiste en introducir la masa de aceituna en un cilindro horizontal y hacerla girar a gran velocidad. En ausencia de aire, y a lo largo del trayecto del cilindro, se consigue la separación, por diferencia de su densidad, del orujo, el agua y el aceite. Este cilindro horizontal, es conocido como centrífuga horizontal o decánter (Fot. 1.28), y dependiendo del número de fases que se quieran obtener se clasifican en:

Fotografía 1.28. *Sistema continuo de dos fases*

- Sistema continuo de tres fases. Se introduce agua del exterior para incrementar la fase acuosa y facilitar la separación del aceite. El principal problema de este sistema es la producción de una importante cantidad de alpechín (≅ 1,2 l/kg de aceituna), con un elevado poder contaminante (DQO ≅ 80.000 ppm). La eliminación de este rsiduo es técnicamente difícil y económicamente caro. Tras la centrifugación se obtiene una fase oleosa (aceite con restos de agua y partículas sólidas finas), una fase acuosa o alpechín (agua, algo de aceite y alguna partícula sólida) y una fase sólida (orujo con agua y algo de aceite).
- Sistema continuo de dos fases. No se adiciona agua del exterior, por lo tanto, el volumen de la fase acuosa o alpechín generado es casi nulo, de ahí que se le conozca

también como sistema ecológico de elaboración. Tras la centrifugación se obtiene una fase oleosa (aceite con restos de agua y partículas sólidas finas) y una fase sólida con bastante humedad (orujo con más agua que el que se obtiene en el sistema continuo de tres fases y algo de aceite). Las ventajas más importantes son:

- Ahorro de agua y energía.
- Menor inversión.
- Producción muy reducida de efluente contaminante. Éste queda reducido al agua de lavado de los aceites (≅ 0,25 l/kg de aceituna), con un escaso poder contaminante (DQO ≅ 10.000 ppm).

En lo que se refiere a las características del aceite obtenido, la diferencia más importante respecto al sistema de tres fases, hay que atribuirla a la no adición de agua. Los aceites procedentes del sistema de dos fases tienen un mayor contenido en polifenoles, y, por tanto, su estabilidad es mayor. Por esta misma razón, en su evaluación sensorial, los aceites obtenidos son más frutados, amargos y picantes y menos dulces.

Separación de fases líquidas

La separación de las fases líquidas de diferente densidad se realiza mediante centrífugas verticales (Fot. 1.29). En ellas hay que añadir una cierta cantidad de agua caliente para aumentar el espesor de la fase alpechín. La cantidad de agua añadida condiciona las características del aceite obtenido, ya que al aumentar el agua disminuyen los polifenoles en el aceite. Así mismo, cuando la temperatura es elevada, también disminuye el contenido en polifenoles y pueden perderse aromas.

Almacenamiento

Es el último eslabón de la cadena de la calidad responsabilidad del almazarero. Deben separarse las calidades obtenidas en el proceso de elaboración en distintos depósitos (Fot. 1.30) y conservar las características favorables del aceite, al mismo tiempo que se eviten la adquisición de defectos.

Fotografía 1.29. *Centrífuga vertical*

Fotografía 1.30. *Depósitos de almacenamiento.*

La actividad del almazarero irá dirigida a proteger el aceite de las fermentaciones mediante sangrado periódico de los fondos de los depósitos, y de las oxidaciones y pérdidas de aromas, a través del control de la temperatura de la bodega, evitar la aireación del aceite y procurar que el aceite no esté en contacto con metales, que pueden catalizar procesos oxidativos.

Para ello, las condiciones de almacenamiento deben reunir las siguientes condiciones:

- Depósitos en bodega que permita una temperatura constante de 15-18ºC, que además favorece la maduración del aceite, proceso en que se suavizan sus características de amargor, astringencia, etc.
- Evitar trasiegos del aceite y efectuar el llenado por el fondo.
- Depósitos cubiertos.
- El material de depósito debe ser de acero inoxidable. Cualquier otro material, aunque autorizado, no garantiza la seguridad e inocuidad que nos proporciona el acero inoxidable.

El cuidado de la bodega, su perfecta limpieza en todo momento, su ventilación y la ausencia de olores en la misma (humo, gasoil, etc.), es imprescindible para que el aceite no adquiera olores desagradables.

Filtrado, envasado y expedición

Antes del envasado, el aceite debe ser filtrado para eliminar la presencia de diferentes tipos de partículas. El envasado puede realizarse de forma manual o automática. Se debe comprobar el buen estado de los envases (sin poros, pinchazos, roturas, elementos extraños, etc.) y verificar el correcto ajuste de los tapones, para evitar fugas de aceite envasado. Posteriormente, son etiquetados y precintados, para transportarlos a un almacén hasta su expedición.

Normalmente, la fase de expedición en las almazaras puede llevarse a cabo mediante dos formas diferentes: expedición de aceite envasado o expedición de aceite a granel.

1.2.5. CALIDAD DIFERENCIADA. LAS DENOMINACIONES DE ORIGEN

En la actualidad, el aceite de oliva compite en el mercado con otros aceites vegetales, en su mayoría de cultivos anuales, en los que la mano de obra pesa muy poco, y en consecuencia son producidos a muy bajo coste. Para competir con ellos, la olivicultura debe mejorar su productividad y obtener, al mismo tiempo, productos de máxima calidad. Cuando los frutos producidos son de máxima calidad y la tecnología de extracción adecuada, se obtiene un producto completamente natural, cuyas propiedades organolépticas son superiores a las de los otros aceites.

La búsqueda de la calidad en el mercado agroalimentario ha dado lugar a la aparición de las *Denominaciones de Origen Protegidas* (*DOPs*) como marcas comerciales. La finalidad de este aval de calidad es la de proteger a la agricultura y a sus productos, cuya calidad va a estar fuertemente relacionada con una región y con el saber hacer de la misma.

Las primeras distinciones de calidad ligadas al origen geográfico o a los procedimientos ecológicos en los procedimientos de producción de los distintos alimentos y bebidas, han sido algunas de las estrategias de diferenciación más desarrolladas, durante las últimas décadas, en el sector agroalimentario europeo (Martín, 2006).

Las primeras diferenciaciones de calidad aparecen a finales del siglo XIX. Con ellas se buscaba ofrecer protección a determinados productos originales y característicos de ciertas zonas, que sufrían procesos de imitación, que desembocaban en competencia fraudulenta en los mercados. De forma concreta, las primeras *DOPs* aparecen ligadas a los vinos del sur de Europa.

Con el paso de los años, las *DOPs* se han ido extendiendo a otros sectores, no obstante, conviene matizar que hasta el año 1992, no se produce un reconocimiento comunitario a las denominaciones de calidad en productos distintos al vino. El Reglamento CE/2081/92 (CEE, 1992a) y el Reglamento CE/2082/92 (CEE, 1992b), establecieron un marco legal común para todos los Estados Miembros de la Unión Europea, en relación a las denominaciones geográficas de calidad de los productos, distintos al vino y bebidas

espirituosas. Estos Reglamentos fueron sustituidos posteriormente por el Reglamento CE/510/2006 (CE, 2006a).

El Reglamento CE/510/2006 del Consejo, de 20 de marzo de 2006, sobre protección de las Indicaciones Geográficas y de las Denominaciones de Origen de los productos agrícolas y alimenticios, establece las definiciones de *Denominación de Origen Protegida* (*DOP*) y de *Indicación Geográfica Protegida* (*IGP*). Estas son las dos figuras de protección que se aplican a los productos agrícolas y alimenticios diferentes del vino.

Así, en dicho Reglamento se define una *DOP* como: "*El nombre de una región, de un lugar determinado o, en casos excepcionales, de un país, que sirve para designar un producto agrícola o un alimento de dicha región, de dicho lugar determinado o de dicho país cuya calidad o características se deben, fundamental o exclusivamente, al medio geográfico con sus factores naturales y humanos, y cuya producción, transformación y elaboración se realicen en la zona geográfica delimitada*".

La primera *DOP* de aceite se aprobó en 1977, concretamente la de *Les Garrigues*, al sur de la provincia de Lleida. Hoy en día, en España existen 30 *DOPs*, cada una con particularidades que hacen a los distintos aceites aún más excelentes. No se puede decir que el producto de una *DOP* es mejor o peor que el de otra, sino que hay que hablar de productos distintos, que darán respuesta también a los distintos gustos de los consumidores (Ávila, 2000).

Las *DOPs* están repartidas por todo el territorio. A la cabeza, Andalucía, en el sur de España, donde se localizan la mayoría, concretamente 12. El resto, se encuentran distribuidas entre Cataluña (5), Castilla-La Mancha (4), Extremadura (2), Aragón (2), Baleares (1), Madrid (1), Valencia (1), Navarra (1) y La Rioja (1).

En Castilla-La Mancha, están reconocidas cuatro *DOPs* (*Montes de Toledo*, sur de la provincia de Toledo; *Campo de Montiel*, sur de la provincia de Ciudad Real; *La Alcarria*, sudoeste de la provincia de Guadalajara y noroeste de Cuenca; y *Campo de Calatrava*, zona central de la provincia de Ciudad Real), y dos *Marcas Colectivas*, *Campos de Hellín* y

Montes de Alcaraz, ambas en el sur de la provincia de Albacete (Fig. 1.3), lo que supone un reconocimiento a la calidad de un producto clave de la dieta mediterránea.

Figura 1.3. *Mapa de localización de las Denominaciones de Calidad de aceites en Castilla-La Mancha*

1.3. LA DENOMINACIÓN DE ORIGEN PROTEGIDA (DOP) ACEITE DE LA ALCARRIA

La *DOP Aceite de la Alcarria*, constituida en el año 2006, y situada en el noroeste de la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha (España), ocupando las comarcas del sudoeste de la provincia de Guadalajara (95 términos municipales) y el noroeste de Cuenca (42 términos municipales), viene elaborando históricamente aceites de características diferenciadas, gozando de una reputación excepcional, debido a unas prácticas de cultivo y elaboración perfectamente definidas. La superficie aproximada de esta *DOP* es de unos 6.000 km^2, que alberga casi cuatro millones de olivos (CE, 2006b).

La variedad *Castellana* o *Verdeja* está fuertemente vinculada a la zona, siendo la variedad *principal*, endémica de la *DOP*, llegando a representar, el 90% del total (Zafra *et al.*, 2011). No existen variedades *secundarias*, es decir, plantaciones regulares que no llegan a ser dominantes, pero sí variedades *difundidas* (*Manzanilla de Centro*), localizadas en varias comarcas, pero con escasa importancia superficial en ellas, y *locales* (*Gordera* y *Martín Galgo*), localizadas en una sola zona (endémicas), donde tienen, generalmente, poca difusión. La variedad *Arbequina* es una variedad principal en las *DOPs* españolas de Cataluña, pero de nueva introducción en la *DOP Aceite de la Alcarria*.

La *DOP Aceite de la Alcarria* se caracteriza por la baja producción de sus olivos, con una media de 5 kg por árbol, y por el bajo rendimiento graso de su variedad principal, *Castellana*, con solo un 18% (Zafra *et al.*, 2011). Por ello, sería interesante e importante contrarrestar esta situación, con la búsqueda de la calidad diferenciada, que efectivamente poseen estos olivares de la Alcarria y que no ha sido estudiada hasta el momento actual.

1.3.1. OROGRAFÍA

La altitud de los municipios alcarreños (Fot. 1.31) alcanza cotas entre los 700 y los 900 metros. Se trata de una zona árida, de superficie irregular y bastante quebrada, formada por suelos pedregosos y terrenos color gris-rojizo, salpicados de lomas, oteros y alturas leves y redondeadas, de pobre vegetación con zonas desérticas o semi-desérticas, cruzadas, de vez en cuando, por escasas corrientes de agua, que forman riachuelos o reguerillas de menguado

caudal y de aguas bastante salobres, debido a la composición mineralógica de los terrenos, lo que no impide que se formen algunas vegas, que destacan por contraste con el yermo del entorno (CE, 2006b).

Fotografía 1.31.a. *Loranca de Tajuña (Guadalajara)*

Fotografía 1.31.b. *Auñón (Guadalajara)*

Fotografía 1.31.c. *Vellisca (Cuenca)*

Fotografía 1.31.d. *Valdeolivas (Cuenca)*

1.3.2. EDAFOLOGÍA

En la zona de estudio son frecuentes los sustratos yesíferos, originados por la acumulación de sedimentos en los fondos de zonas pantanosas y depresiones salinas, sobre los que

posteriormente sedimentaron calizas. Las calizas superiores (Fot. 1.32), típicas de los páramos pontienses alcarreños, han sido arrasadas por la erosión fluvial, quedando al descubierto margas, yesos, arcillas y arenas, que han sido fuertemente erosionados por la corriente de los ríos (CE, 2006b).

Fotografía 1.32. *Suelo típico de los olivares de la Alcarria*

1.3.3. CLIMATOLOGÍA

El clima de la zona de estudio, por su situación geográfica, se incluye en el dominio general de los climas mediterráneos con sus rasgos específicos, determinados por la continentalidad y la altitud. La situación de interior peninsular explica los rasgos continentales que tiene el clima de la comarca. En invierno persisten situaciones estables con presencia de altas presiones, con pérdidas de calor por irradiación, mientras en verano, con fuerte calor se produce un calentamiento de la superficie, que se transmite a la masa de aire en contacto con la misma, lo que produce fuertes tormentas de carácter térmico.

Por tanto, podemos afirmar que el clima de la comarca es mediterráneo con influencia continental, con inviernos fríos y veranos cálidos (CE, 2006b).

Los datos recogidos en la estación meteorológica de Villaconejos de Trabaque, en el año 2019, han sido los siguientes (SiAR, 2020):

- Temperatura mínima: -9,9ºC.
- Temperatura media: 12,0ºC.
- Temperatura máxima: 39,7ºC.
- Precipitación media anual: 383 mm.
- ETP (Evapotranspiración) anual: 1.025 mm.

En la figura 1.4 se representa la temperatura media (ºC) y la precipitación media (mm), por mes, a lo largo de 2019.

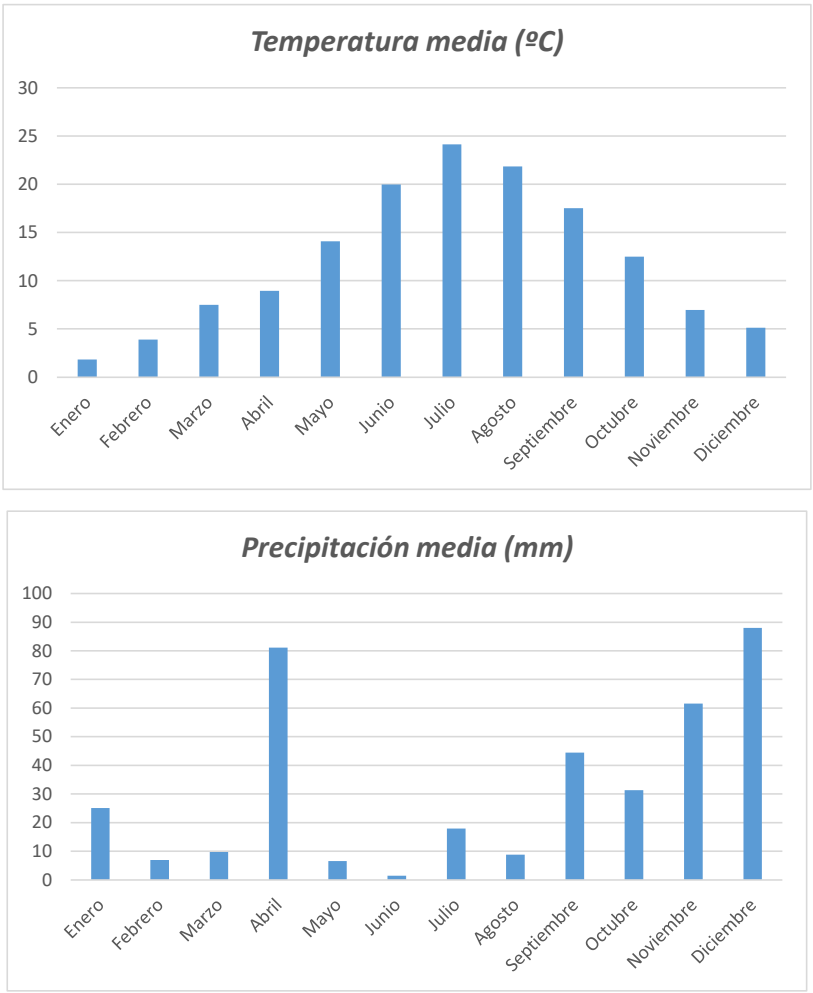


Figura 1.4. *Temperatura media (ºC) y precipitación media (mm) por mes a lo largo de 2019*

1.3.4. HIDROLOGÍA

La *Alcarria* se encuentra enclavada en la cabecera de la Cuenca Hidrográfica del Tajo (Fot. 1.33), aunque algunos pueblos conquenses del sur de la comarca se sitúan en la cabecera de la Cuenca del Guadiana (CE, 2006b).

Fotografía 1.33. *Río Tajo – Zorita de los Canes, Guadalajara (arriba); Pantano de Buendía – Cuenca, Guadalajara (abajo)*

1.3.5. SISTEMA DE CULTIVO

La densidad de cultivo del olivar alcarreño es una variable que depende, no sólo del municipio sino también del agricultor, siendo la aconsejada por la *DOP Aceite de la Alcarria*, de 120 a 180 olivos/ha (CE, 2006b).

La práctica totalidad del olivar alcarreño se explota en régimen de secano. Las técnicas de cultivo son bastante homogéneas dentro de la *DOP*. Destaca la modalidad de cultivo tradicional que consiste en dar entre dos o tres pases a la tierra con el cultivador, para la eliminación de adventicias. Las malas hierbas y los brotes cercanos al tronco se eliminan manualmente o se tratan con herbicidas. Este sistema tradicional se utiliza en un 90%, siendo, por tanto, el más común (Fot. 1.34).

Fotografía 1.34. *Olivar de secano de la Alcarria labrado con cultivador*

Los olivares de *La Alcarria* se caracterizan por no ser atacados por grandes plagas y, por tanto, se tratan de manera esporádica (CE, 2006b). Aunque el sistema de recolección tradicional utilizado en la zona de estudio es el método de ordeño, en los últimos años avanzan los sistemas de vibración, por ser más viables desde el punto de vista económico. Sólo se utiliza aceituna de vuelo y no de suelo, lo que obliga a su separación durante la recolección.

1.3.6. MATERIAL VEGETAL

La variedad *Castellana* es la tradicional de la zona de estudio, estando perfectamente adaptada a las especiales condiciones edafo-climáticas de la *DOP*. Es una variedad endémica que proporciona aceites muy peculiares y diferenciados del resto. Existen otras variedades, también endémicas, caso de *Gordera* y *Martín Galgo*, que pueden mejorar las características sensoriales de los aceites de *Castellana*. Como buen complemento a estas variedades, en la zona de estudio también se cultivan *Manzanilla de Centro* y *Arbequina*.

Castellana (Fot. 1.35)

Se trata de una variedad que tolera perfectamente heladas de hasta –5ºC, sin que se genere incremento excesivo en el índice de peróxidos. Comienza a rendir al cuarto año. Se comporta bien en terrenos pobres y zonas frías. Es un olivo poco productivo, de bajo rendimiento (entre 6 y 10 kilos por árbol), y tiene una maduración más temprana que otras variedades.

Gordera *(Fot. 1.36)*

Esta variedad también está bien adaptada a la zona de estudio, resistiendo las bajas temperaturas invernales. También se comporta bien en terrenos pobres en materia orgánica. Las aceitunas se emplean también como aderezo, debido a su gran tamaño. Se cree que es una variedad próxima a *Manzanilla*. En la zona de estudio, existen pocas plantaciones de esta variedad, limitándose a pies aislados que crecen en parcelas de *Castellana*.

Martín Galgo *(Fot. 1.37)*

Se comporta bien en terrenos pobres y zonas frías. Es un olivo poco productivo, de bajo rendimiento, similar a *Castellana*. Al igual que *Gordera*, existen pocas plantaciones de esta variedad en la zona de estudio, limitándose a pies aislados que crecen en parcelas de *Castellana*.

Fotografía 1.35. *Árbol y aceitunas de la variedad Castellana*

Manzanilla de Centro *(Fot. 1.38)*

Es una variedad algo difundida en Castilla- La Mancha. El árbol es alto, de porte erguido y con densidad de vegetación bastante espesa. La maduración del fruto es temprana, su desprendimiento fácil y presenta una buena relación pulpa/hueso. La productividad es media y la regularidad de su cosecha baja. Su rendimiento graso es bajo. Presenta algo de problema a la tuberculosis y bastante a la mosca.

***Fotografía 1.36**. Árbol y aceitunas de la variedad Gordera*

***Arbequina** (Fot. 1.39)*

Es una variedad resistente al frío, tolerante a la salinidad y susceptible a la clorosis férrica en terrenos muy calizos. Es variedad de vigor reducido, que permite su utilización en

plantaciones intensivas, de precoz entrada en producción y de productividad elevada y constante. El rendimiento graso es elevado y la calidad de su aceite excelente, principalmente por sus buenas características organolépticas, aunque presenta baja estabilidad. Es considerada sensible a la mosca y verticilosis y tolerante al repilo.

Fotografía 1.37. *Árbol y aceitunas de la variedad Martín Galgo*

Fotografía 1.38. *Árbol y aceitunas de la variedad Manzanilla de Centro*

Fotografía 1.39. *Árbol y aceitunas de la variedad Arbequina*

1.4. LA INNOVACIÓN Y LA ECO-INNOVACIÓN EN LAS INDUSTRIAS AGROALIMENTARIAS

Actualmente, está más que demostrado que la ciencia, la tecnología y la innovación elevan el bienestar de los ciudadanos mediante el desarrollo social, económico y empresarial de un país. El conocimiento científico y técnico es, sin duda, uno de los activos más importantes de los que disponen los países para crear bienestar y riqueza para toda la sociedad. En el caso de las empresas agroalimentarias nacionales, tanto la financiación de las actividades de I+D+i como la capacidad de ejecución de estas y la incorporación de innovaciones a sus bienes y servicios no termina de despegar, siendo esta realidad aún más severa en las empresas implantadas en las zonas rurales. Esta carencia merma la competitividad de las empresas españolas en el mercado internacional, la generación de empleo y la traslación de los avances a la sociedad. Si a la innovación se le incorpora, además, la perspectiva de la sostenibilidad, este aumento de la competitividad puede estar, a su vez, acompañado de una reducción en la presión sobre el entorno y los recursos naturales, consiguiendo que estas empresas potencien el crecimiento sostenible de los territorios.

En el Manual de Oslo (OCDE, 2005), la eco-innovación se define como "*la producción, asimilación o explotación de un producto, un proceso productivo, un servicio, una forma de gestión o un modelo de negocio que es novedoso para la empresa (su desarrollo o adopción) y que resulta en una reducción del riesgo ambiental, de la contaminación o de cualquier otro impacto negativo en el uso de recursos (incluyendo el uso de energía) comparado con otras alternativas*" (pág. 8). En esta definición se pueden identificar dos tipos fundamentales de eco-innovación: la eco-innovación tecnológica y la no tecnológica. La primera incluye la eco-innovación de producto y de proceso, mientras que la segunda se refiere a las innovaciones en el ámbito de la organización y el marketing, que resultan en una reducción del impacto de la actividad de la empresa en el medioambiente. El estudio de estos diferentes tipos de eco-innovación, de los factores que favorecen que las empresas se impliquen en el desarrollo de estos y su impacto en el desempeño de las empresas, han sido los temas que han centrado el interés de la academia en los últimos años (Díaz-García *et al.*, 2015; Rodríguez & Wiengarten, 2017; González-Moreno *et al.*, 2019).

En el ámbito de la eco-innovación tecnológica es importante diferenciar entre las eco-innovaciones de producto y las eco-innovaciones de proceso. Las primeras hacen referencia al desarrollo de productos novedosos, más sostenibles, mientras las segundas suponen un cambio en los modelos de producción, buscando reducir el uso de la energía, las materias primas, los materiales y, en general, el impacto que el proceso de producción tiene sobre el medioambiente, mejorando al mismo tiempo la productividad y la competitividad de la empresa (Triguero *et al.*, 2018). Este grupo de eco-innovaciones tecnológicas son las que han dado lugar a un mayor número de estudios por ser, en general, más fáciles de identificar y medir (Doran & Ryan, 2016; Castellacci & Lie, 2017; Rodríguez & Wiengarten, 2017; González-Moreno *et al.*, 2019). Mientras, se ha prestado poca atención a las eco-innovaciones organizativas y de marketing, a pesar de que estas últimas han sido identificadas como claves para el desarrollo de economías más sostenibles por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2007).

Las eco-innovaciones organizativas se identifican como los cambios o mejoras significativas puestas en marcha en la rutina, los métodos y las acciones que mejoran las prácticas, relaciones y decisiones de las empresas con respecto al medioambiente (Marcon *et al.*, 2017). Por otra parte, las eco-innovaciones de marketing incluyen la puesta en marcha de nuevos métodos de marketing sostenibles, incluyendo la presentación del producto, la comunicación, los nuevos métodos de entrega, la promoción o las estrategias de precio (García-Granero *et al.*, 2020). En los últimos años, se han desarrollado numerosas iniciativas con el objetivo de identificar *proxies* que sirvieran para cuantificar la implicación de las empresas en el desarrollo de estos tipos concretos de eco-innovaciones. Así, actualmente, se están utilizando variables como la participación en auditorías ambientales para considerar las eco-innovaciones organizativas (Kemp & Pearson, 2007; García-Granero *et al.*, 2020) o el uso de envases reciclables y las certificaciones de calidad diferenciada para identificar la implantación de eco-innovaciones de marketing por parte de las empresas (Twede & Clarke, 2005; Ivankovic *et al.*, 2017).

En el estudio de la eco-innovación en las empresas, uno de los temas que ha captado mayor interés es el estudio de los factores (*drivers*), que facilitan o favorecen que las empresas decidan poner en marcha medidas innovadoras que, a su vez, son respetuosas con el medioambiente (Horbach, 2008; Triguero *et al.*, 2013; Díaz-García *et al.*, 2015). Como

puede observarse en la figura 1.5, en general se han identificado tres grupos de *drivers* que permiten explicar la implicación de la empresa con la eco-innovación: la demanda del mercado (*market pull*), la regulación (*regulatory push/pull*) y el desarrollo de nuevas tecnologías (*technology push*).

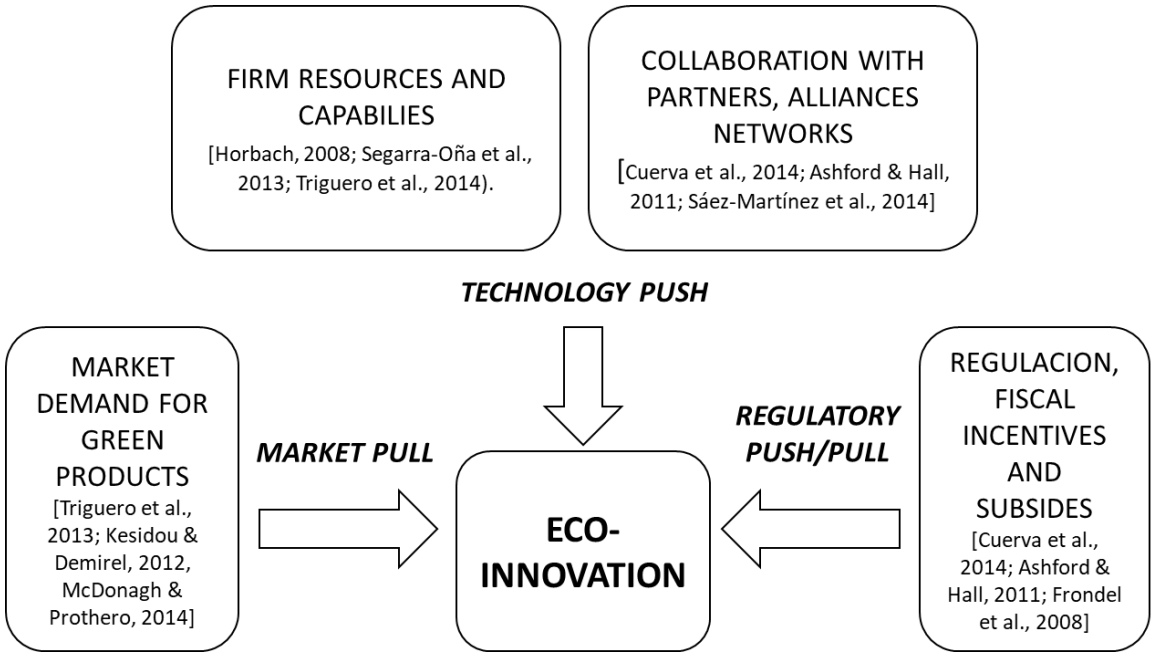


Figura 1.5. *Factores que afectan a la puesta en marcha de acciones eco-innovadoras en las empresas. Fuente: Adaptado de Triguero et al. (2018)*

El *market pull* hace referencia al incremento de la conciencia ambiental de los consumidores que cada vez demandan más bienes y servicios producidos de forma sostenible (Kesidou & Demirel, 2012; McDonagh & Prothero, 2014; Triguero *et al.*, 2018). Nazzaro *et al.*, (2019), identificaron cómo los consumidores italianos están dispuestos a pagar más por alimentos innovadores frente a los alimentos tradicionales. Sin embargo, el impacto real del *market pull* sobre la eco-innovación se encuentra aún en discusión, específicamente en el sector agroalimentario, ya que, aunque los consumidores valoran de forma positiva ese acercamiento a la sostenibilidad de las empresas (Magnusson *et al.*, 2003; Shao, 2019), algunos estudios apuntan a que no todos ellos están dispuestos a pagar más por esos bienes o servicios producidos de forma sostenible (Shafie & Rennie, 2012). Además, existen sectores de consumidores que muestran una aversión especial hacia los nuevos productos y, especialmente, hacia los alimentos nuevos o innovadores (Siegrist,

2007; Tuorila & Hartmann, 2020). Esta aversión específica ha sido definida como neofobia alimentaria (Henriques *et al.*, 2009) y su grado de desarrollo en los diferentes países atendiendo, además, a las condiciones socioeconómicas de los consumidores, está actualmente bajo estudio (Meiselman *et al.*, 2010; Ristic *et al.*, 2016; Nguyen *et al.*, 2019).

Por otro lado, se ha identificado a la regulación, los incentivos fiscales y las subvenciones como el *regulatory push/pull* de la eco-innovación. El estudio de Frondel *et al.* (2008), ha demostrado como los incentivos fiscales y los subsidios favorecen el desarrollo de eco-innovaciones, considerando, además, que el no cumplimiento de la legislación redunda en mayores costes al suponer el pago de multas. En el sector agroalimentario ha tenido especial impacto el desarrollo de regulaciones e incentivos dirigidos a mejorar la gestión de residuos en el marco de la economía circular (Nazzaro *et al.*, 2020). Es bastante habitual que la sostenibilidad sea considerada por las empresas como un atributo que la distancia de su objetivo tradicional, que no es otro que la maximización de los beneficios (Friedman *et al.*, 1970). Por ello, muchas empresas sólo desarrollarían eco-innovaciones una vez se haya demostrado a nivel empírico que este tipo de acciones son rentables (Stucki, 2019). En esta línea, la hipótesis de Porter & Van der Linde (1995) afirma que la regulación medioambiental supone un escenario ganador-ganador (*win-win*) en el que las compañías que cumplen con esa regulación medioambiental son capaces, además, de mejorar sus ventajas comparativas (Aragón-Correa & Sharma, 2003; Sáez-Martínez *et al.*, 2016). En varios estudios realizados se ha identificado que las empresas que desarrollan eco-innovaciones obtienen ventajas tanto en lo que respecta al incremento de sus ingresos (Ambec *et al.*, 2008; Rabadán *et al.*, 2019), como al incremento de la productividad (Martin *et al.*, 2012) y, especialmente, a través de la reducción de costes, reduciendo, por ejemplo, el consumo de agua y energía (Torugsa *et al.*, 2012).

Por último, el *technology push* es otro de los factores fundamentales identificados en el avance de la implantación de los principios de la eco-innovación en las empresas. Este factor puede venir impulsado tanto desde la propia empresa como a través de la colaboración con entidades externas a ella. Estudios previos han confirmado que los recursos y las capacidades de las empresas son factores fundamentales a la hora de desarrollar eco-innovaciones (Segarra-Oña *et al.*, 2013; Rabadán *et al.*, 2020). Aquí se incluyen variables tan relevantes como el tamaño de la empresa, la inversión en I+D o la

capacitación de su mano de obra. En un estudio realizado sobre una gran muestra de empresas españolas de diferentes sectores, Peiro-Signes *et al.* (2011) concluyeron que las empresas con un mayor nivel tecnológico mostraban una actitud empresarial más orientada hacia la sostenibilidad. Por su parte, García-Granero *et al.* (2020), en una muestra más reducida de empresas agroalimentarias, identificaron que el número de empleados y el volumen comercializado influyen de forma positiva en el desarrollo de eco-innovaciones, certificando así que son las empresas de mayor tamaño las que presentan una mayor implicación en el desarrollo de eco-innovaciones. Específicamente, las empresas agroalimentarias cuentan con una escasa inversión en I+D mientras son capaces de desarrollar un número sustancial de innovaciones (Capitanio *et al.*, 2009). Esto se explica porque la mayoría de las innovaciones que realizan estas empresas son incrementales, basándose en pequeñas variaciones de productos ya existentes, siendo muy escasas las innovaciones radicales que requieren de una mayor implicación e inversión (Baregheh *et al.*, 2012).

Sin embargo, como ya se ha comentado, el *technology push*, además de a través de los recursos de la propia empresa, puede venir impulsado por el desarrollo de redes de colaboración tecnológicas (*technological networks*), que posibilitan el desarrollo de eco-innovaciones a través de la colaboración con clientes, proveedores, competidores o universidades y centros de investigación (De Marchi *et al.*, 2012; Sáez-Martínez *et al.*, 2014). En un estudio reciente, González-Moreno *et al.* (2019), identificaron la necesidad de mantener unas relaciones intensas y frecuentes con el resto de agentes, para así poder crear la atmósfera adecuada para el desarrollo de eco-innovaciones de proceso entre diferentes empresas. En un estudio específico desarrollado en empresas agroalimentarias europeas, Acosta *et al.* (2017), concluyeron que las empresas que participan en este sector cuentan con importantes redes de contacto, muchas de ellas interdisciplinares, que les permiten acceder a innovaciones externas a la empresa y al sector, permitiéndoles, además, innovar con unos costes significativamente menores (Hagedoorn & Schakenraad, 1994). Así, la mayoría de las innovaciones que desarrollan las empresas agroalimentarias son adquiridas fuera de la empresa, siendo en general muy pocas las que financian y desarrollan sus propias eco-innovaciones (Cuerva *et al.*, 2014). En este sentido, y aunque el nivel de cooperación en las empresas agroalimentarias españolas es más reducido (Triguero *et al.*, 2018), la cooperación con otras empresas para el desarrollo de eco-innovaciones ha sido

recientemente identificada como uno de los factores fundamentales que explican el desarrollo interno de eco-innovaciones en el sector (Rabadán *et al.*, 2020). La participación en estas redes de colaboración sería, por tanto, fundamental para pequeñas y medianas empresas que cuenten con capacidades y recursos propios limitados.

La implementación de eco-innovaciones por parte de las almazaras se identifica como un elemento fundamental para mejorar su competitividad y asegurar su rentabilidad a medio y largo plazo. Sin embargo, la falta de trabajos específicos que aborden el nivel de implicación del sector productivo de aceite de oliva español en proyectos de eco-innovación, limita la posibilidad de desarrollar recomendaciones específicas que permitan un acercamiento decisivo de este sector tradicional hacia la eco-innovación y sus ventajas asociadas.

CAPÍTULO 2.

Objetivos

El objetivo principal que se plantea en esta Tesis Doctoral es analizar las estructuras del sector del aceite de oliva virgen en la *Denominación de Origen Protegida* (*DOP*) *Aceite de la Alcarria* (Castilla-La Mancha / España), con vistas a mejorar el producto final y conseguir, de este modo, el desarrollo armónico y eficiente del sector, que facilite la consolidación de esta *Denominación de Calidad*.

Como objetivos específicos destacaremos los siguientes:

1. Analizar la situación actual y del funcionamiento de las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria*, proponiendo las mejoras más adecuadas.

2. Caracterizar, desde los puntos de vista fisicoquímico y sensorial, los aceites de oliva virgen obtenidos de las variedades de olivo cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria*.

3. Evaluar el grado de participación de las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* en procesos de innovación y eco-innovación, proponiendo mejoras que supongan un aumento de la competitividad empresarial en línea con las ventajas observadas en otras empresas del sector agroalimentario.

CAPÍTULO 3.

Materiales y Métodos

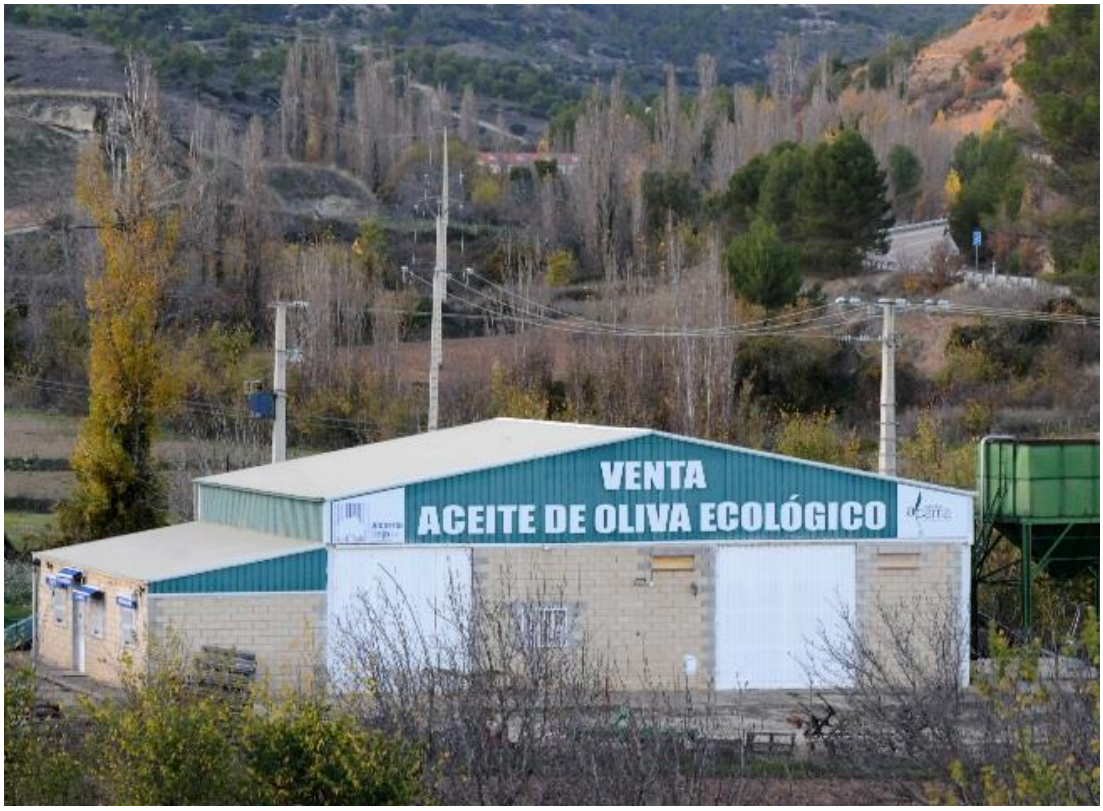
3.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS ALMAZARAS INSCRITAS EN LA DENOMINACIÓN DE ORIGEN PROTEGIDA (DOP) ACEITE DE LA ALCARRIA. PROPUESTAS DE MEJORA

Para conocer la situación actual y el funcionamiento de las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* se visitaron todas ellas, 4 en total: Aceites Delgado, S.L. (Ctra. De Aranzueque, 45, 19141 Loranca de Tajuña, Guadalajara) (Fot 3.1), Hermanos Pastor Vellisca, S.L. (Plaza de la Fuente, 1, 16510 Vellisca, Cuenca) (Fot. 3.2), SAT Alcarria Baja (Camino Pinilla, s/n, 19930 Auñón, Guadalajara) (Fot. 3.3) y Sociedad Cooperativa Alta Alcarria (C/ Extramuros, s/n, 16813 Valdeolivas, Cuenca) (Fot. 3.4).

Fotografía 3.1. *Aceites Delgado, S.L. (Loranca de Tajuña, Guadalajara)*

Tras conocer *in situ* el proceso de elaboración de cada una de ellas, se pasó una completa encuesta (Tabla 3.1) a sus rectores y almazareros, de forma personal y directa, preguntándoles por distintos aspectos relacionados con la producción, la recepción y selección de la aceituna, el procesado, el almacenamiento, el control en el proceso y del producto final, y el tratamiento de los subproductos y residuos.

Fotografía 3.2. *Hermanos Pastor Vellisca, S.L. (Vellisca, Cuenca)*



Fotografía 3.3. *SAT Alcarria Baja (Auñón, Guadalajara)*

Fotografía 3.4. *Soc. Coop. Alta Alcarria (Valdeolivas, Cuenca)*

Tabla 3.1. Encuesta pasada a rectores y almazareros con vistas a conocer la situación actual y el funcionamiento de las 4 almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria*.

NOMBRE DE LA ALMAZARA:

PERSONA DE CONTACTO:

DIRECCIÓN:

TELÉFONO: FAX:

E-MAIL:

---

1. RECEPCIÓN Y SELECCIÓN DE LA ACEITUNA.

1.1. Sistema de recolección de la aceituna (%).

1.2. Sistema de transporte de la aceituna (%).

1.3. Capacidad diaria máxima de recepción de aceituna (kg).

1.4. Separación de variedades predominantes en la recepción de las aceitunas (SI/NO).

1.5. Separación de las aceitunas de suelo de las de vuelo (SI/NO).

1.6. Separación de las aceitunas en mal estado sanitario (SI/NO).

1.7. Análisis de residuos en las aceitunas recepcionadas (SI/NO).

---

2. LIMPIEZA, LAVADO Y ALMACENAMIENTO DE LA ACEITUNA.

2.1. Periodicidad del cambio de agua de las lavadoras.

2.2. Tiempo medio de atrojado de las aceitunas (horas).

2.3. Número y capacidad de las tolvas de espera (kg).

---

3. PROCESADO DE LA ACEITUNA.

3.1. Sistema de molienda.

3.2. Número de líneas de procesado.

3.3. Capacidad diaria máxima de procesado de aceituna (kg).

3.4. Número y cuerpos de las termobatidoras.

3.5. Temperatura y tiempo de la operación de termobatido.

3.5.1. Temperatura del termobatido (ºC).

3.5.2. Tiempo del termobatido (minutos).

3.6. Uso de coadyuvantes tecnológicos de filtración (SI/NO).

3.7. Sistema de separación sólido-líquido.

3.8. Capacidad horaria de trabajo de las almazaras (kg de aceituna/ hora).

3.9. Temperatura del agua de la centrífuga vertical (ºC).

3.10. Utilización de la decantación natural (SI/NO).

---

4. ALMACENAMIENTO DE LOS ACEITES.

4.1. Número, capacidad (kg) y tipo de depósitos de almacenamiento de aceites.

4.2. Control de la temperatura en el local de almacenamiento de los aceites (SI/NO).

---

5. CONTROL DEL PROCESO Y DEL PRODUCTO FINAL.

5.1. Aplicación del sistema APPCC (SI/NO).

5.2. Análisis del aceite (SI/NO).

5.3. Análisis del alpeorujo (SI/NO).

6. TRATAMIENTO DE SUBPRODUCTOS Y RESIDUOS.

6.1. Destino de los alpeorujos.
6.2. Destino de las aguas de lavado de las aceitunas y de los aceites.
6.4. Destino de las hojas y ramas.

7. DATOS GENERALES DE INTERÉS.

7.1. Nº de olivicultores adscritos a las almazaras inscritas en la DOP Aceite de la Alcarria.
7.2. Variedades de olivo (%).
7.3. Producción media anual de las campañas oleícolas 2015/2016, 2016/2017, 2017/2018 y 2018/2019 (kg de aceite de la DOP Aceite de la Alcarria/año).

En la tabla 3.2 se muestra el porcentaje de participación de cada almazara, en base a la producción media anual de aceite de oliva virgen, considerando las campañas oleícolas 2015/2016, 2016/2017, 2017/2018 y 2018/2019. Dicha información fue facilitada por las propias almazaras a través de la cumplimentación de la encuesta anterior.

Tabla 3.2. Porcentaje de participación de las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria*.

Almazara	***Participación (%)***
Aceites Delgado, S.L. (Loranca de Tajuña, Guadalajara)	30
Hermanos Pastor Vellisca, S.L. (Vellisca, Cuenca)	5
SAT Alcarria Baja (Auñón, Guadalajara)	5
Sociedad Coop. Alta Alcarria (Valdeolivas, Cuenca)	60

Tras la interpretación conjunta de las encuestas, se propusieron mejoras en aquellos aspectos que se consideraron deficitarios o inadecuados, que conviene sustituir de forma progresiva, con vistas a mejorar la calidad final de los aceites obtenidos.

3.2. CARACTERIZACIÓN, DESDE LOS PUNTOS DE VISTA FISICOQUÍMICO Y SENSORIAL, DE LOS ACEITES DE OLIVA VIRGEN OBTENIDOS DE LAS VARIEDADES DE OLIVO CULTIVADAS EN LA *DOP ACEITE DE LA ALCARRIA*.

Se estudiaron 4 campañas oleícolas consecutivas: 2015/2016, 2016/2017, 2017/2018 y 2018/2019. Los pasos que se siguieron para evaluar la calidad fisicoquímica y sensorial de los aceites de oliva virgen monovarietales elaborados con aceitunas procedentes de las variedades de olivo cultivados en la *DOP Aceite de la Alcarria* fueron los siguientes:

3.2.1. SELECCIÓN DE PARCELAS Y OLIVOS

Para realizar un trabajo representativo y completo de las variedades de olivo cultivadas en la zona de estudio, se seleccionaron parcelas distribuidas a lo largo de la misma. La selección de parcelas se realizó en función de la variedad predominante (Fot. 3.5) o de la presencia de un número suficiente de pies aislados en variedades no predominantes. El número de parcelas seleccionadas se mantuvo durante todas las campañas oleícolas consideradas (Tabla 3.3).

Dentro de una misma variedad, las estaciones se separaron en toda la zona de estudio, aunque se seleccionaron un mayor número de estas donde era más abundante (Fig. 3.1). Además, dentro de cada parcela, se seleccionaron y marcaron 6 olivos típicos de la variedad representada.

El marcaje consistió en la enumeración de los olivos, previamente seleccionados, con un espray especial y una chapa coloreada (Fot. 3.6).

3.2.2. TOMA DE MUESTRAS DE ACEITUNA

El contenido máximo en aceite, dentro de la aceituna, se alcanza cuando en el árbol quedan pocos frutos verdes y predominan los que están en envero; a partir de ese momento dicho contenido permanece prácticamente constante (Porras, 1995). A medida que avanza la maduración, se produce una serie de cambios en el fruto, que determinan cambios en las características del aceite de oliva virgen (Yousfi *et al*., 2006) y que varían en función de la

fase de madurez en que se recogen las aceitunas. Por ello, se creyó conveniente establecer dos momentos de recolección de la aceituna, que permitiera obtener la máxima cantidad de aceite y de la mejor calidad posible.

Fotografía 3.5. *Parcelas de olivo monovarietales de las variedades Castellana (arriba) y Arbequina (abajo) en la zona de estudio*

Tabla 3.3. Distribución de parcelas por variedad en la zona de estudio.

Variedad	Nº de parcelas
Arbequina	3
Castellana	15
Gordera	3
Manzanilla	3
Martín Galgo	3
Total	**27**

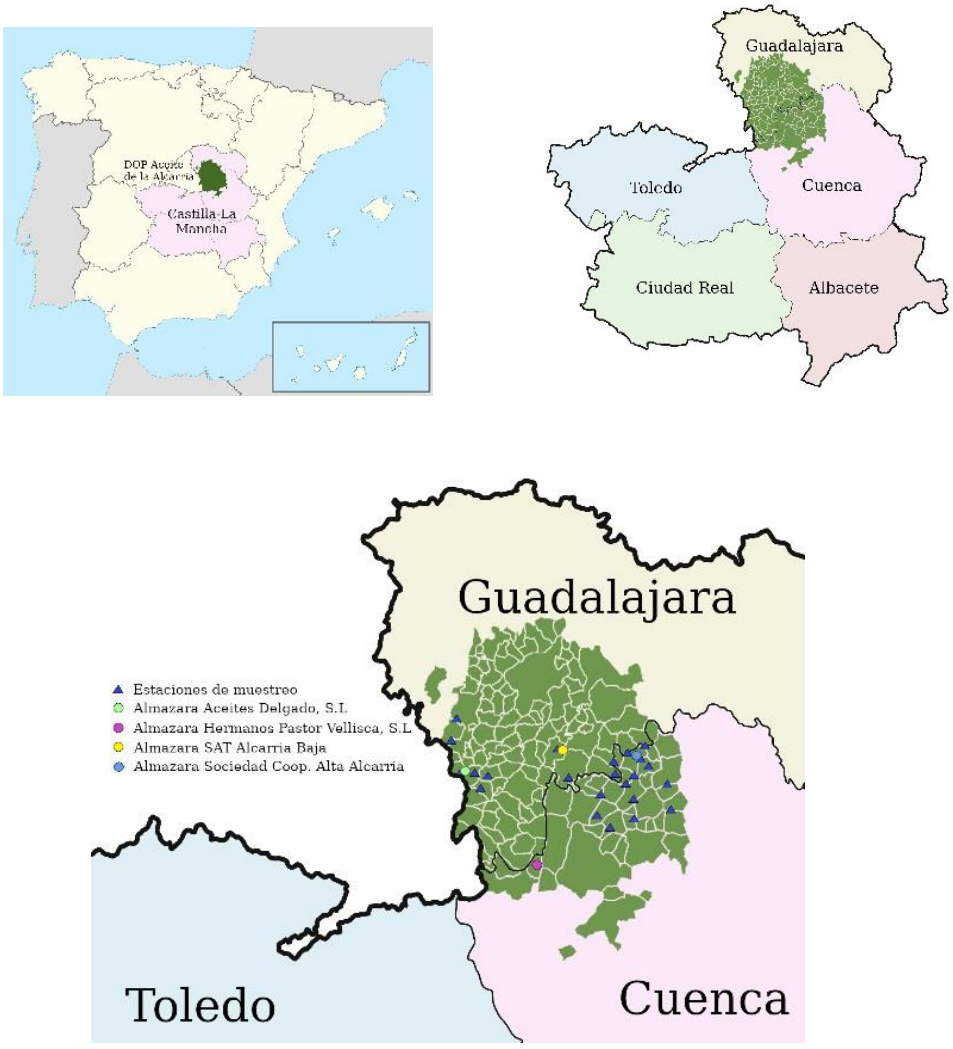


Figura 3.1. *Localización de las estaciones de muestreo y de las almazaras inscritas en la DOP Aceite de la Alcarria*

Fotografía 3.6. *Ejemplo del marcaje de olivos*

- Al principio de campaña (primera quincena de noviembre de 2015, 2016, 2017 y 2018), cuando los frutos estaban en el estado de envero, predominantemente, aunque también podía observarse algún fruto verde (Fot. 3.7), lo que se correspondería con un índice de madurez de rango 0-2,5 (Uceda & Frías, 1975).
- A mediados-final de la misma (segunda quincena de diciembre de 2015, 2016, 2017 y 2018), cuando todos los frutos estaban maduros o en envero avanzado (Fot. 3.7), correspondiente al rango 3,5-7,0 (Uceda & Frías, 1975).

Fotografía 3.7. *Aspecto externo de las aceitunas recolectadas en envero (izquierda) y maduras (derecha)*

Para su cálculo se tomaron 2 kg de aceitunas de cada variedad, situadas a la altura del operador y en las cuatro orientaciones del árbol. Una vez homogeneizada la muestra, se separaron 100 frutos al azar, de cada variedad, y se clasificaron en clases o categorías, que abarcan del 0 al 7. El índice de madurez (I.M.) es el sumatorio de los productos del número de aceitunas de cada clase por el valor numérico de cada clase, dividido por 100 (Tabla 3.4).

Tabla 3.4. Modo de obtener el índice de madurez.

Clase	Color de piel y pulpa
0	Piel verde intenso.
1	Piel verde amarillento.
2	Piel verde con manchas rojizas en menos de la mitad del fruto. Inicio de envero.
3	Piel rojiza o morada en más de la mitad del fruto. Final de envero.
4	Piel negra y pulpa blanca.
5	Piel negra y pulpa morada sin llegar a la mitad de la pulpa.
6	Piel negra y pulpa morada sin llegar al hueso.
7	Piel negra y pulpa morada totalmente hasta el hueso.

$$I.M. = (Ax0 + Bx1 + Cx2 + Dx3 + Ex4 + Fx5 + Gx6+ Hx7) / 100$$

La toma de muestras se comenzó por las variedades más tempranas.

El número total de muestras fue de 216 (27 parcelas x 2 recolecciones / campaña oleícola x 4 campañas oleícolas).

Dentro de cada parcela, y de los olivos seleccionados y marcados, se recolectaron, mediante el sistema de ordeño, 20 kg de aceitunas de forma selectiva, de tal forma que se escogieron aquellas aceitunas que se encontraban en perfecto estado sanitario, y fueron introducidas en sacos de malla adecuados (Fot. 3.8).

Fotografía 3.8. *Muestras de aceituna en sacos de malla*

Las muestras, perfectamente etiquetadas, fueron trasladadas rápidamente al laboratorio de investigación del área de Industrias Agroalimentarias de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes (ETSIAM) de Albacete.

3.2.3. EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE OLIVA

La extracción del aceite de oliva se realizó mediante el extractor *Oliomio TF-30* (Toscana Enológica Mori, Tavarnelle Val di Pesa, FI, Italia), compuesto por un molino de martillos, una termobatidora y una centrífuga horizontal (Fot. 3.9), de 2 fases o salidas.

De cada una de las muestras de aceituna recolectadas, se separaron 2 litros de aceite, aproximadamente. Esta extracción se llevó a cabo en las mejores condiciones de elaboración (sin atrojar y temperaturas de elaboración recomendadas). Una vez decantado el aceite, se introdujo en botellas de cristal, de color topacio, de menor tamaño, para su posterior análisis.

Fotografía 3.9. *Extracción de aceite de oliva mediante el extractor Oliomio TF 30*

3.2.4. DETERMINACIONES ANALÍTICAS

3.2.4.1. PARÁMETROS DE CALIDAD FISICOQUÍMICA REGLAMENTADA

Los parámetros de calidad fisicoquímica reglamentada (acidez libre, índice de peróxidos y absorbancia en el ultravioleta –K_{270} y K_{232}–) se determinaron siguiendo el método analítico descrito en el Reglamento (CE) nº/2568/91 de la Comisión de la Unión Europea (CEE, 1991).

La acidez libre, expresada como porcentaje (%) de ácido oleico, se determinó mediante la valoración de una solución de aceite disuelto en éter etílico-etanol 96º (1:1, v/v) con una disolución etanólica de potasa 0,1 N, utilizando fenolftaleína como indicador.

El índice de peróxidos, expresado en miliequivalentes de oxígeno activo por kilogramo de aceite (meq/kg), se determinó de la siguiente forma: la mezcla del aceite con el ácido acético-cloroformo se hizo reaccionar con una solución de ioduro potásico en oscuridad; el yodo liberado se valoró con una disolución de tiosulfato sódico en presencia de almidón como indicador.

Los coeficientes de extinción, K_{270} y K_{232}, se calcularon por absorción a 270 y 232 nm, respectivamente, con un espectrofotómetro UV (Hewlett-Packard, HP 8452 A), usando una solución de aceite en ciclohexano al 1%, con una cubeta de cuarzo de 1 cm de paso óptico. ΔK se obtiene de la ecuación:

$$\Delta K = Km - ((Km-4 + Km+4) / 2)$$

donde Km es la extinción específica a la longitud de onda m (la longitud de onda para absorción máxima es alrededor de 270 nm).

3.2.4.2. PARÁMETROS DE CALIDAD SENSORIAL REGLAMENTADA. ANÁLISIS SENSORIAL DESCRIPTIVO

La determinación de los parámetros de calidad sensorial reglamentada (mediana de los defectos, mediana del frutado y clasificación panel-Test) se llevaron a cabo por 12 panelistas

seleccionados y entrenados del Laboratorio Agroalimentario de Córdoba (Córdoba), de acuerdo con la metodología descrita en el Reglamento (CE) nº/796/2002 (CEE, 2002). En cada una de las muestras de aceite se analizó la intensidad de los atributos positivos (frutado, amargo y picante) y negativos (atrojado, avinado, moho, borras, rancio, metálico, y otros), sobre una escala no estructurada de 10 cm de longitud, anclada en origen.

Los análisis sensoriales descriptivos de los aceites procedentes de las 5 variedades de olivo cultivadas en la zona de estudio (*Arbequina*, *Castellana*, *Gordera*, *Manzanilla* y *Martín Galgo*) se han realizado en los paneles oficiales de cata del Instituto Tecnológico Agroalimentario de Badajoz – Junta de Extremadura - (Badajoz, España), campaña oleícola 2015/2016, y del Instituto de la Grasa – CSIC - (Sevilla, España), campaña oleícola 2016/2017.

3.2.4.3. PARÁMETROS DE ESTABILIDAD

Los parámetros de estabilidad (contenido en polifenoles totales, contenido en esteroles y estabilidad oxidativa en horas a 100ºC) han sido analizados siguiendo diferentes metodologías.

Los polifenoles totales de las muestras fueron extraídos mediante una disolución metanol/agua (60:40) y posterior reacción con el reactivo de Folin-Ciocalteau sobre una alícuota del extracto fenólico obtenido y lectura espectrofotométrica de la absorbancia de los complejos azulados formados. La concentración se determinó interpolando en una recta de calibrado previamente preparada en las mismas condiciones, utilizando ácido cafeico como patrón. Los resultados se dieron en mg de ácido cafeico por kg de aceite (Vázquez *et al*., 1973; Gutfinger, 1981).

Los tocoferoles se evaluaron siguiendo el método AOCS Ce 8-89 (AOCS, 1989). Mediante la utilización de un equipo HPLC (HP110), se analizó una solución de aceite en hexano, en una columna de gel de sílice Lichrosorb Si-60 (5 micras de tamaño de partícula, 250 x 4,6 mm i.d.; Sugerlabor, Madrid, España), que fue diluida con hexano/2-propanol (95:5:1,5), con un caudal de 1ml/min. Se utilizó un detector de fluorescencia (Waters 470) con una longitud de onda de excitación y emisión de 290 y 330 nm.

La estabilidad oxidativa, se evaluó mediante el método Rancimat (Gutiérrez, 1989). La estabilidad se expresa como tiempo de inducción a la oxidación (horas), medida con el aparato Rancimat 679 (Metrohm Co., Basel, Suiza), utilizando una muestra de 3,5 g de aceite, y unas condiciones de trabajo de 100ºC de temperatura y un flujo de aire de 10 L/h.

3.2.4.4. COMPOSICIÓN EN ÁCIDOS GRASOS Y TRIGLICÉRIDOS

La composición en ácidos grasos, expresada como porcentaje (%) de sus ésteres metílicos, se determinó siguiendo el Reglamento CEE 2568/91 (CEE, 1991) y su modificación CEE 1429/92 (CEE, 1992c). El procedimiento consistió en realizar una hidrólisis de los triglicéridos y la transesterificación de los ácidos grasos obtenidos para dar lugar a los ésteres metílicos correspondientes. Posteriormente, se separaron los ésteres metílicos formados por cromatografía de gases en columna capilar. Más concretamente, se pesaron 0,05 g de aceite de oliva en un vial con tapón de rosca de 5 ml de capacidad, al que se añadieron 3 ml de hexano para su completa disolución. Posteriormente, se adicionaron 500 µl de solución de KOH en metanol 2 N, se agitó enérgicamente y se dejó reposar hasta la perfecta separación de las fases. La disolución sobrenadante es la que contiene los ésteres metílicos de los ácidos grasos, estando ya lista para ser inyectada en el cromatógrafo de gases (Hewlett-Packard, HP 6890) equipado con un detector FID. Este método solamente es válido para aceites de oliva con un contenido en ácidos grasos libres, inferior al 2%. Para la separación de los ésteres metílicos formados se siguió el método propuesto en el Reglamento CEE 2568/91, correspondiente al método AOCS Ch 2-91. Las temperaturas en el inyector y en el detector fueron de 250ºC, manteniéndose el horno isotermo a 210ºC.

El análisis de triglicéridos fue determinado mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), siguiendo el Reglamento (CEE) 2568/91 de la Comisión de 11 de julio de 1991 (CEE, 1991) y el Reglamento (CE) 282/98 (CE, 1998), expresando los resultados en equivalentes de carbono (ECN).

Para su determinación, las muestras de aceite de oliva fueron purificadas en cartucho de gel de sílice, y diluidas en acetona para posteriormente ser inyectadas en un cromatógrafo HPLC (Agilent 1200). El detector utilizado fue de Índice de Refracción (IR) modelo HP1040. La muestra se pasó por una columna de acero inoxidable de Teknokroma modelo

TR-011439 de 25 m x 0,46 mm d.i. x 0,15 μm de espesor de fase estacionaria, en condiciones isocráticas a 40ºC, utilizando como fase móvil acetona/acetonitrilo 40:60 (v/v) a un flujo de 1,2 ml/min.

3.2.4.5. COMPOSICIÓN EN ESTEROLES Y DIALCOHOLES TRITERPÉNICOS

Los esteroles y dialcoholes triterpénicos, expresados en porcentaje (%), se determinaron siguiendo el procedimiento descrito en el Reglamento CEE 2568/91 (CEE, 1991), correspondiente al método AOCS Ch 6-91. Se empleó un cromatógrafo de gases Hewlett-Packard (HP 6890) con una columna capilar (25 m longitud x 0,25 mm i.d.) recubierta con SGL-5 (0,25 μm espesor; Sugerlabor).

Las condiciones de trabajo fueron las siguientes: gas portador, helio; flujo a través de la columna, 1,2 ml/min; temperatura del inyector, 280ºC; temperatura del detector, 290ºC; temperatura del horno, 260ºC; volumen inyectado 1 μL.

El β-sitosterol aparente se calculó como la suma de β-sitosterol, Δ5,23-stigmastadienol, clerosterol, sitostanol y Δ5,24-stigmastadienol.

Todas las pruebas analíticas se realizaron, al menos, por triplicado.

3.2.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

La agrupación y clasificación de las muestras, así como la detección de las diferencias entre variedades se determinaron mediante análisis de componentes principales, utilizando el programa Statgraphics Centurion XVI.I. Esta técnica de análisis multivariante permitió reducir las dimensiones del problema con mínima pérdida de información y facilitar la interpretación de los datos, al realizar el análisis posterior con un menor número de variables, construidas como correlaciones lineales e incorrelacionadas de las variables originales.

Las diferencias significativas se determinaron mediante un análisis de varianza, aplicando un test de Duncan con un nivel de significación del 95% ($P<0,05$), utilizando el programa SPSS 19.0 para Windows.

3.2.6. SELECCIÓN DE ALMAZARAS DENTRO DE LA ZONA DE ESTUDIO

Para que los resultados obtenidos fueran definitivos se creyó conveniente seleccionar las 3 almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria*, en ese momento (Aceites Delgado, S.L., SAT Alcarria Baja y Sociedad Cooperativa Alta Alcarria). La almazara Hermanos Pastor Vellisca, S.L., se inscribió en la *DOP* con posterioridad a la recogida de muestras.

3.2.7. TOMA DE MUESTRAS EN LAS ALMAZARAS

Las muestras de aceite de oliva virgen (3 litros) fueron tomadas directamente de los depósitos de almacenamiento de las almazaras, seleccionados al azar, pero abarcando toda la campaña de recolección, tras eliminar las primeras porciones de aceite por estar en contacto directo con el grifo sacamuestras (Fot. 3.10).

Fotografía 3.10. *Recogida de muestras de aceite de oliva virgen de las almazaras*

La toma de muestras se realizó una vez finalizadas las campañas oleícolas de recolección (segunda quincena de enero de 2016, 2017, 2018 y 2019, respectivamente). Se recogieron

16 muestras de aceite de oliva virgen por campaña oleícola, en función de la capacidad de producción (4 en Aceites Delgado, S.L., 4 en SAT Alcarria Baja y 8 en Sociedad Cooperativa Alta Alcarria). El número total de muestras fue de 64 (16 muestras / campaña oleícola x 4 campañas oleícolas).

Ninguna de las muestras recogidas puede considerarse monovarietal, pues no hay separación de variedades en la recepción de la aceituna.

3.3. EVALUACIÓN DE LA PARTICIPACIÓN DE LAS ALMAZARAS INSCRITAS EN LA DOP ACEITE DE LA ALCARRIA EN PROCESOS DE INNOVACIÓN Y ECO-INNOVACIÓN. PROPUESTAS DE MEJORA

Para evaluar el grado de implicación de las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de La Alcarria* en procesos de innovación y eco-innovación se realizó una encuesta telefónica a las cuatro empresas inscritas en esta *DOP*.

Así, la encuesta se realizó de forma individual a las empresas: *Sociedad Cooperativa Alta Alcarria, S.A.T Alcarria Baja, Hermanos Pastor Vellisca S.L.* y *Aceites Delgado S.L.*

La encuesta estaba formada por varios bloques de preguntas en los que se obtuvo información sobre las características de las empresas, su nivel de participación en redes de colaboración con otros agentes, la percepción que tienen de las ventajas de participar de la *DOP*, el grado de participación en procesos de eco-innovación, la valoración de los obstáculos que les impiden participar de forma más intensa en estos procesos y, por último, la valoración del rendimiento de la empresa en el mercado en los próximos años.

A continuación, se incluye el modelo de encuesta que se realizó a cada una de las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de La Alcarria*.

LA UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA ESTÁ REALIZANDO UN ESTUDIO SOBRE EL GRADO DE PARTICIPACIÓN DE LAS EMPRESAS INSCRITAS A LA *DOP ACEITE DE LA ALCARRIA* EN PROCESOS DE INNOVACIÓN Y ECO-INNOVACIÓN. PARA ELLLO PEDIMOS SU COLABORACION EN LA SIGUIENTE ENCUESTA. MUCHAS GRACIAS.

Nombre de la empresa:
Año de fundación:

CARACTERÍSTICAS DE LA EMPRESA. Responda a las siguientes cuestiones sobre las características generales de su empresa.

	Respuesta
Número de personas trabajando en la empresa	
Número de mujeres trabajando en la empresa	
Número aproximado de proveedores de aceituna	
Cantidad media anual de aceituna procesada	
Número de personas trabajando en innovación en la empresa	
Porcentaje que representa el gasto en innovación respecto al total de ventas	
¿Realiza exportación? SI/NO	
Aproximadamente, ¿qué porcentaje de su producción total exporta?	

PRODUCTOS COMERCIALIZADOS. Responda a las siguientes cuestiones sobre los productos comercializados por su empresa.

	Respuesta
¿Cuántos productos comercializa actualmente?	
¿Cuántos productos alimentarios comercializa?	
Aproximadamente, ¿qué porcentaje de su producción de aceite es Aceite de Oliva Virgen Extra?	
Aproximadamente, ¿qué porcentaje de su producción de aceite es Aceite de Oliva Virgen?	
Aproximadamente, ¿qué porcentaje de su producción de aceite es Aceite Lampante?	
¿Produce aceite ecológico? SI/NO	

COLABORACIÓN. Indique si para mejorar su proceso productivo colabora o ha colaborado en los últimos tres años con:

	SI	**NO**
Clientes		
Proveedores		
Competidores		
Universidades y/o Centros de investigación Públicos		
Consultoras		

PARTICIPACIÓN EN LA *DOP ACEITE DE LA ALCARRIA*. Indique su grado de acuerdo con las siguientes afirmaciones. Escala de 1 a 7, siendo 1 totalmente en desacuerdo y 7 totalmente de acuerdo.

	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
La participación en la *DOP* es fundamental para la empresa							
La participación en la *DOP* mejora las oportunidades de negocio de la empresa							
La participación en la *DOP* mejora la imagen de los productos							
La certificación *DOP* da a mis productos valor añadido							
La certificación *DOP* da a mis productos una imagen más tradicional							
La certificación *DOP* da a mis productos una imagen más innovadora							

ECO-INNOVACIÓN. Indique si ha realizado alguna innovación de las que a continuación se indican en los últimos tres años:

	SI	**NO**
Innovación en productos ecológicos		
Innovación en envases más ecológicos		
Innovación en procesos de producción más ecológicos		
Innovación en procesos de distribución más ecológicos		
Innovación en procesos de valorización de residuos o subproductos		

VALORACIÓN DE OBSTÁCULOS A LA INNOVACIÓN. ¿Qué factores limitan una mayor participación en procesos de innovación? Indique cómo de importantes son para su empresa los siguientes obstáculos. Escala de 1 a 7, siendo 1 poco importante y 7 muy importante.

	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Falta o escasez de fondos financieros propios							
Dificultades para obtener financiación externa para llevar a cabo las innovaciones							
Falta de incentivos fiscales o subvenciones del sector público							
Falta de personal cualificado							
Dificultades para encontrar socios para desarrollar dicha innovación							
Incertidumbre respecto a la demanda de este tipo de innovaciones							
No se considera que la innovación sea una ventaja para competir							

VALORACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA EMPRESA. Respecto al rendimiento de la empresa en el mercado en los últimos tres años, ¿cómo lo valoraría? Escala de 1 a 7, siendo 1 muy negativa y 7 muy positiva.

	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Valoración de la empresa en Crecimiento Ventas							
Valoración de la empresa en Rentabilidad							
Valoración de la empresa en Reducción de Costes							
Valoración del rendimiento de la empresa en el mercado en los próximos años							

Con el objetivo de analizar las características de las almazaras y evaluar su nivel de implicación en procesos de innovación y eco-innovación, se ha realizado un estudio descriptivo de las respuestas a la encuesta propuesta. Este estudio de la situación actual en las empresas adscritas a la *DOP Aceite de La Alcarria*, permite identificar el punto de partida, para después, analizando los estudios cuantitativos desarrollados en otras empresas del sector agroalimentario (Triguero *et al.*, 2018; Rabadán *et al.*, 2020), realizar recomendaciones concretas que permitan incrementar la implicación de las almazaras de esta *DOP* en los procesos de innovación y eco-innovación, garantizando un aumento de su competitividad y rentabilidad en un entorno nacional e internacional cada vez más exigente.

CAPÍTULO 4.

Resultados y Discusión

4.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS ALMAZARAS INSCRITAS EN LA DENOMINACIÓN DE ORIGEN PROTEGIDA (DOP) ACEITE DE LA ALCARRIA. PROPUESTAS DE MEJORA

4.1.1. RECEPCIÓN Y SELECCIÓN DE LA ACEITUNA

Este primer bloque incluye las primeras operaciones del procesado de los aceites tales como la recolección, el transporte y la recepción de la aceituna. También aborda la separación por variedad, por el lugar de recogida (suelo / vuelo) y por el estado sanitario, así como el análisis de residuos en las aceitunas.

4.1.1.1. SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE LA ACEITUNA

La recogida de la aceituna es una de las etapas más importantes, ya que contribuye de forma significativa a la calidad y al coste del aceite de oliva virgen (Di Giovacchino, 2003). En términos económicos, esta operación supone entre el 50-70% de los gastos de mano de obra y el 30-40% del beneficio bruto (Kiritsakis, 1992).

En la figura 4.1 se presentan los resultados obtenidos con respecto al sistema de recolección de la aceituna (%) utilizado en las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria*.

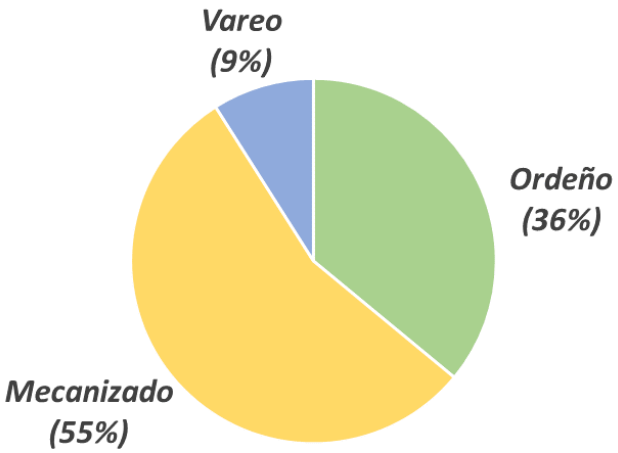


Figura 4.1. *Porcentaje del sistema de recolección de aceituna utilizado en las almazaras inscritas en la DOP Aceite de la Alcarria*

El sistema de recolección de aceituna más utilizado, tradicionalmente, ha sido el de ordeño, aunque en los últimos años se ha observado una clara tendencia a ir sustituyéndolo por distintas formas mecanizadas (vibradores multidireccionales portantes, vibradores de paraguas, etc.). En la actualidad, los sistemas mecanizados recolectan el 55% del total de aceituna, seguidos del sistema manual de ordeño con un 36%, y en un porcentaje más bajo (9%), el sistema manual de vareo.

Tanto el sistema manual de ordeño (Fot. 4.1) como la recolección mecanizada (Fot. 4.2), en cualquiera de sus formas, son sistemas adecuados para la recolección de la aceituna, desde el punto de vista de la calidad de los aceites, aunque mucho más rentable, desde el punto de vista económico, este último. Con los precios que se manejan actualmente para la aceituna de almazara, el ordeño sólo estaría justificado en determinadas plantaciones con producciones de altísima calidad (Hermoso *et al.*, 2011)

Fotografía 4.1. *Recolección manual de aceituna mediante ordeño*

La propuesta de mejora consistiría en la erradicación total del vareo tradicional, aunque su porcentaje sea bajo, ya que se golpea el fruto, de manera que puede producir desgarros en su epidermis, lo que conduciría a pérdidas de aceite, fundamentalmente durante el lavado

de la aceituna, así como provocar alteraciones en las características fisicoquímicas del aceite (aumento de la acidez y el inicio prematuro de las oxidaciones y fermentaciones).

Además, el vareo puede aumentar la tendencia del olivo a la vecería, al destruir gran cantidad de ramas jóvenes, que deberían ser las portadoras de los frutos de la cosecha siguiente (Guerrero, 2003), y en variedades sensibles a la tuberculosis, provoca reducciones apreciables de cosecha (Pardo, 2002).

Fotografía 4.2. *Recolección mecanizada de aceituna mediante vibradores*

Los olivicultores de la comarca que utilizan máquinas vibradoras deben tener en cuenta que éstas requieren que el olivar cumpla ciertas características, condiciones difíciles de cumplir cuando el olivar es antiguo y tradicional (Di Giovacchino, 2003), caso que nos ocupa:

- La fuerza para derribar el fruto debe ser baja.
- Los olivos deben tener el tamaño y forma de la copa adecuada para transmitir las vibraciones a las ramas más distantes.
- El terreno debe permitir el acceso y el movimiento de las máquinas.

Otra consideración a tener en cuenta es que su eficacia depende, sobre todo, de la fuerza necesaria para separar el fruto del árbol, que disminuirá con la maduración de las aceitunas. Sin embargo, no se les aconseja retrasar la recolección, pues puede perjudicar a las características del aceite y causar la caída de la aceituna, debido a su mayor grado de madurez, especialmente en épocas de mucho viento en invierno. Tampoco se recomienda utilizar sustancias químicas que ayuden a la abscisión de la aceituna para facilitar la recolección con vibradores, ya que estos productos pueden también provocar la caída de las hojas, así como pasar al aceite, disminuyendo su calidad (Di Giovacchino, 2003).

4.1.1.2. SISTEMA DE TRANSPORTE DE LA ACEITUNA

El transporte de la aceituna a la almazara es la última operación que corresponde al agricultor, y al igual que en la operación anterior, es muy importante que el fruto se mantenga intacto y no se deteriore (Pardo, 2002).

En la figura 4.2 se presentan los resultados obtenidos con respecto al sistema de transporte de la aceituna utilizado en las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria*.

El transporte en remolques (Fot. 4.3) es la opción elegida por los olivicultores alcarreños (76%), aunque todavía una parte considerable (24%), lleva la aceituna a la almazara en sacos, fabricados con distintos materiales, siendo este hecho permitido por las almazaras implicadas. El transporte en cajas es nulo a partir de los datos obtenidos en las encuestas.

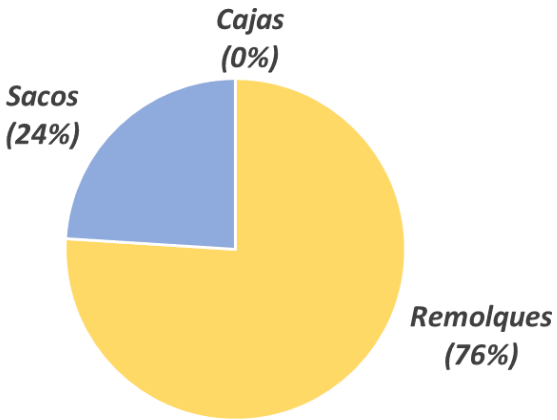
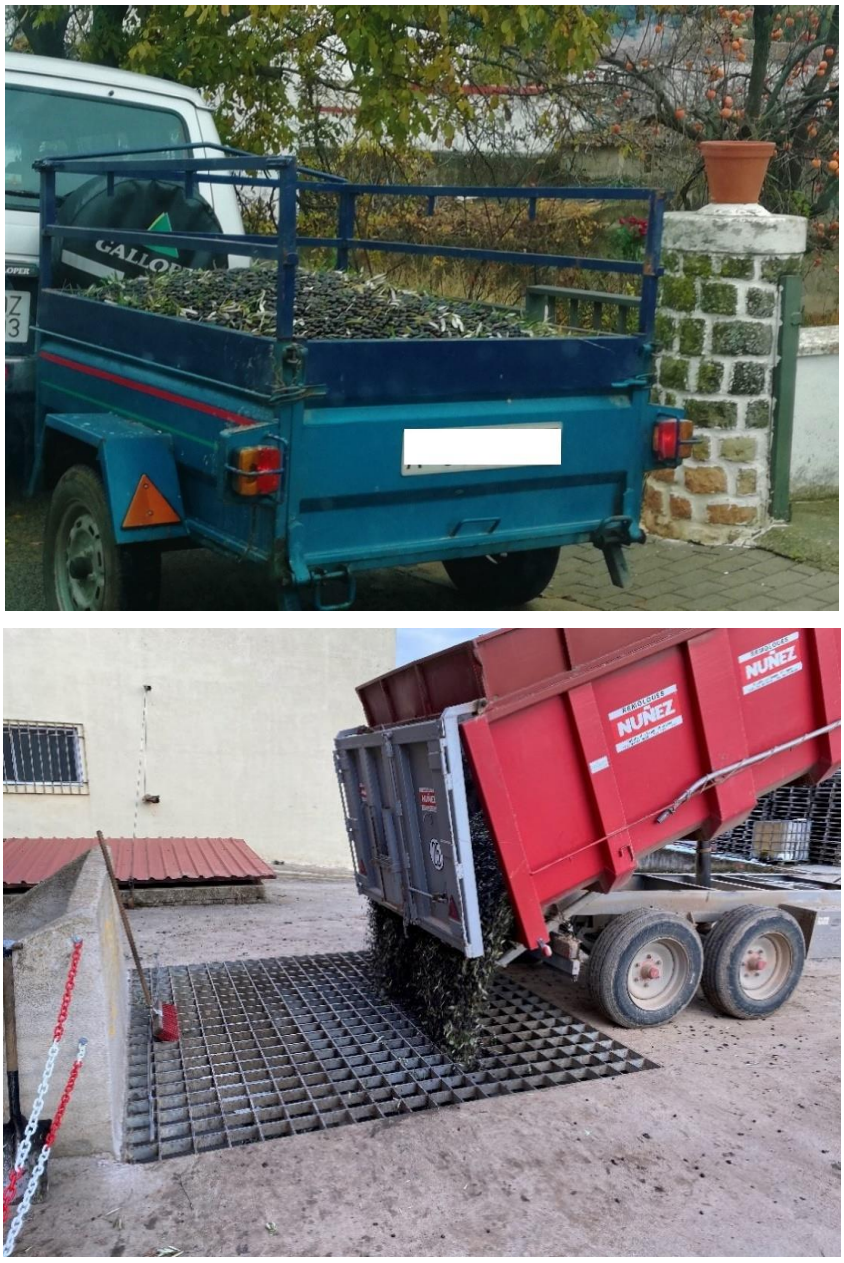


Figura 4.2. *Porcentaje del sistema de transporte de la aceituna utilizado en las almazaras inscritas en la DOP Aceite de la Alcarria*

Como propuesta de mejora, se aconseja eliminar por completo el transporte de la aceituna en sacos, ya que la presión acumulada en su interior, rompe los frutos, factor que se agrava cuando el transporte se hace en sacos de plástico, al producirse en ellos una elevación de la temperatura y una aceleración de los procesos de fermentación. Esto trae consigo aumento de la acidez y demérito de los caracteres organolépticos. Sí, además, los sacos proceden de abonos o de algún producto fitosanitario, pueden incorporar sustancias tóxicas al fruto, que pasarán finalmente al aceite (Carpio & Jiménez, 1993; Pardo, 2002).



Fotografía 4.3. *Transporte de aceitunas en pequeños y grandes remolques*

También se recomienda el transporte en cajas de plástico, ya que presentan unos orificios especiales que permiten la ventilación y ayudan a dispersar el calor producido por la actividad catabólica del fruto. Además, estas cajas, de 25 a 250-300 kg de capacidad, limitan la profundidad de las capas de aceitunas, reduciendo el riesgo de aplastamiento.

4.1.1.3. CAPACIDAD DIARIA MÁXIMA DE RECEPCIÓN DE ACEITUNA

La capacidad diaria máxima de recepción de aceituna de las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* es de 194.000 kg. Esta cifra se obtiene al sumar la capacidad diaria máxima de recepción de aceituna de cada una de ellas. Dicha capacidad de recepción no es teórica, sino real, ya que se corresponde con datos facilitados por los rectores de las almazaras, al ser preguntados por la cantidad de aceituna máxima que se ha recepcionado en un día de campaña, en los últimos cuatro años.

4.1.1.4. SEPARACIÓN DE VARIEDADES PREDOMINANTES EN LA RECEPCIÓN DE LAS ACEITUNAS

Todas las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* procesan conjuntamente la aceituna recepcionada, con independencia de la variedad recibida. Probablemente, esto es debido a que se trata, prácticamente, de un cultivo monovarietal de *Castellana*.

Desde el punto de vista comercial sería recomendable separar las distintas variedades cultivadas en la zona de estudio, aunque sean minoritarias y su producción mínima, para así poder evaluar la calidad sensorial de esos aceites y valorar su reintroducción. Separar las variedades predominantes ofrece, a la almazara que lo realiza, la oportunidad de preparar no sólo aceites monovarietales, sino también *coupages*. Con ello se consigue diversificar productos y conseguir un producto final más uniforme y, por tanto, ser más competitivos en el mercado.

4.1.1.5. SEPARACIÓN DE LAS ACEITUNAS DE SUELO DE LAS DE VUELO

En todas las almazaras encuestadas se separan las aceitunas recolectadas del árbol (vuelo) de las recogidas del suelo, por lo que no se propone ningún tipo de mejora, aunque, sí se

aconseja a las mismas, que continúen con dicha labor, ya que las aceitunas de suelo siempre nos darán aceites de calidad netamente inferior, con un grado de acidez elevado y con baja puntuación organoléptica, en tanto mayor medida cuanto más tiempo hayan permanecido en el suelo (Di Giovacchino, 2003).

4.1.1.6. SEPARACIÓN DE LAS ACEITUNAS EN MAL ESTADO SANITARIO

En la tabla 4.1 se presentan los resultados obtenidos con respecto a la separación de aceitunas en mal estado sanitario en las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria*.

La separación de las aceitunas en mal estado sanitario se realiza en tres de las almazaras encuestadas, que representan el 95% del total de la producción de la *DOP*.

Tabla 4.1. Porcentaje de separación de aceitunas en mal estado sanitario en las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria*.

Separación de aceitunas en mal estado sanitario	
Si (%) / Nº almazaras	No (%) / Nº almazaras
95 / 3	5 / 1

Se aconseja a la almazara que no separa las aceitunas que presentan mal estado sanitario, por haber sufrido el ataque de las plagas y enfermedades propias del olivo (mosca, aceituna jabonosa, negrilla, tuberculosis, etc.), qué sí lo hagan, al igual que ocurría con las de suelo, ya que producirán aceites de mala calidad (subida de la acidez, aumento del K_{270}, defectos organolépticos, cambios en la coloración del aceite, etc.).

4.1.1.7. ANÁLISIS DE RESIDUOS EN LAS ACEITUNAS RECEPCIONADAS

Para el control de malas hierbas, así como para el de plagas y enfermedades, el agricultor debe saber que tiene que priorizar la aplicación de medios mecánicos, biológicos o físicos, entre otros, antes que los métodos químicos.

En los casos en que se considera necesario el tratamiento químico, deben tenerse en cuenta una serie de indicaciones, tales como:

- Emplear única y exclusivamente productos registrados para el olivo y la plaga a la que va dirigido el tratamiento.
- Adecuar el tipo y la dosis adecuados.
- Aplicarlo según condiciones y necesidades del momento, en el plazo límite que especifica la etiqueta, y siempre antes de que se inicie la recolección y la caída de la aceituna.
- Respetar el periodo de degradación de los productos antes de la recolección.
- Separar la cosecha de aceitunas que se hayan contaminado por productos fitosanitarios.

Cuando las almazaras reciben las aceitunas existen, además de los riesgos biológicos (presencia de microorganismos o parásitos), los riesgos químicos (residuos de productos sanitarios, fertilizantes, herbicidas, contaminantes procedentes de anteriores cargas del medio de transporte, detergentes y compuestos halogenados en el agua, etc.). Es por ello, que se hace necesario que las almazaras controlen, en la medida de sus posibilidades, la correcta aplicación de fitosanitarios, fundamentalmente con análisis de residuos en aceituna y en aceites.

En la tabla 4.2 se presentan los resultados obtenidos con respecto al análisis de residuos en aceitunas recepcionadas en las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria*.

Tabla 4.2. Porcentaje de análisis de residuos en aceitunas recepcionadas en las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria*.

Análisis de residuos en las aceitunas	
Si (%) / Nº almazaras	No (%) / Nº almazaras
65 / 2	35 / 2

El análisis de residuos en las aceitunas se realiza en 2 de las 4 almazaras encuestadas (representan el 65% de la producción oleícola total). Los análisis de aceite ecológico son de obligado cumplimiento, y ya se llevan a cabo en las almazaras citadas.

Como propuesta de mejora, se aconseja a la almazara que no realiza estos análisis, que practiquen, en una primera etapa, análisis esporádicos y al azar de muestras de aceitunas recepcionadas, con vistas a comprobar la ausencia de productos fitosanitarios en las mismas, lo que confirmaría que se han respetado los plazos de seguridad y las dosis de estos productos.

En una segunda etapa, sería recomendable, como ocurre en algunas *DOPs* españolas, analizar residuos en "todas" las muestras de aceituna recepcionadas, aunque sea mediante pruebas indirectas, ya que son más rápidas y permiten obtener resultados *in situ*.

El control de residuos tóxicos es uno de los principales puntos clave con vistas a la puesta en el mercado de un aceite de oliva de calidad. Por ello, dicho análisis debería ser de obligado cumplimiento para todos los depósitos de todas las almazaras.

4.1.2. LIMPIEZA, LAVADO Y ALMACENAMIENTO DE LA ACEITUNA

Este segundo bloque incluye la periodicidad en el cambio de agua de las lavadoras, el tiempo medio de atrojado de las aceitunas y el número y capacidad de las tolvas de espera.

4.1.2.1. PERIODICIDAD EN EL CAMBIO DE AGUA DE LAS LAVADORAS

Sanitariamente, la operación de lavado se considera como una etapa en la que se van a poder eliminar no sólo impurezas como tierras, hojas, trozos metálicos, tallos o piedras, sino también algunos de los posibles residuos de productos fitosanitarios o abonos, que pudieran acompañar al fruto y fueran solubles en agua.

La última consideración higiénica es la renovación periódica del agua, a fin de no contaminar la aceituna, al tiempo que evita el desarrollo de mohos y microorganismos, que pudieran originar defectos organolépticos en el aceite.

En la tabla 4.3 se presentan los resultados obtenidos con respecto a la periodicidad del cambio de agua de las lavadoras en las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria*.

En dos de las almazaras inscritas en la DOP, el cambio de agua de las lavadoras tiene lugar cada dos días (65%), en otra, varias veces al día (30%), no realizándose lavado en la restante (5%).

El agua de lavado de las aceitunas debe ser renovada con suficiente frecuencia para que cumpla su función de lavar (Pardo, 2002), y que, por tanto, evite que su suciedad pase a aceitunas que puedan llegar más o menos limpias. La periodicidad del cambio del agua de lavado no tiene que estar establecida, se cambiará cuando esté sucia, siempre y cuando no dificulte, en exceso, el funcionamiento diario de la almazara.

Tabla 4.3. Porcentaje de periodicidad del cambio de agua de las lavadoras en las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria*.

No hay lavado (Nº almazaras)	Cada 2 días (%) (Nº almazaras)	Varias veces al día (%) (Nº almazaras)
5	65	30
(1)	(2)	(1)

Algunos investigadores abogan por que el lavado de la aceituna se realice solamente cuando venga muy sucia, ya que dicha operación provocaría disminución del rendimiento industrial (por pérdida de aceite cuando se ha roto la epidermis del fruto), dificultad en la extracción (formación de emulsiones o pastas difíciles) y aceite con menor contenido en polifenoles y, por tanto, con menor estabilidad (los polifenoles son solubles en agua, con lo que parte de ellos se perdería en el agua de lavado) (Uceda *et al.*, 2004).

Un efecto positivo del lavado de las aceitunas es que se evitan desgastes excesivos en la maquinaria y roturas, y defectos organolépticos en el aceite (sabor a tierra, moho, etc.).

Tras el lavado tradicional de la aceituna, también se recomienda su pase por debajo de unas duchas especiales (Fot. 4.4), que gastan poca agua (ya que la difuminan con mucha eficiencia) y que eliminan los pequeños residuos y suciedad que quedan sobre la superficie de la misma (Guardia-Rubio *et al.*, 2007). Se trataría de un eficaz enjuagado final.

Fotografía 4.4. *Lavado/duchado de aceitunas*

4.1.2.2. TIEMPO MEDIO DE ATROJADO DE LAS ACEITUNAS

En ocasiones, se dan una serie de hechos en las almazaras que obligan al almacenamiento: aquellos frutos de entrada que no pueden producir aceite de calidad, la capacidad de molturación de la almazara es menor que la entrada de aceituna o se ha producido alguna avería, las campañas difieren mucho entre sí con variaciones que pueden alcanzar el doble o la mitad de una cosecha media, etc., y se busca tener una reserva de fruto, para conseguir el funcionamiento sin interrupción durante toda la campaña.

Durante el atrojado, se producen fermentaciones que provocan una grave alteración de los caracteres organolépticos, subida de acidez y del contenido en ceras, disminución de la estabilidad y modificación de la composición esterólica (García *et al.*, 1996a). Para evitar alteraciones en la aceituna, el tiempo de almacenamiento debe ser lo más corto posible. La aceituna debe molturarse en las 24 horas siguientes a su recolección (Uceda *et al.*, 2004).

La aceituna recepcionada en las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria*, se procesa en tiempos diferentes. Dos de ellas lo hacen entre 24 y 48 horas (90%), mientras, qué en las otras dos, la aceituna se procesa en menos de 24 horas (10%). Además, cuando existe avería en la maquinaría, o en los primeros y en los últimos días de campaña, puede producirse cierto atrojado, difícil de erradicar.

La principal mejora en este punto sería, por tanto, conseguir molturar las aceitunas antes que transcurran 24 horas tras la recolección, pero, quizás, la mayor preocupación en la zona de estudio no sea lo que ocurre en la almazara, sino el atrojado de las aceitunas en las instalaciones de los propios olivicultores, actuación ésta que debe vigilarse, sobre todo cuando el transporte se realiza en sacos.

4.1.2.3. NÚMERO Y CAPACIDAD DE LAS TOLVAS DE ESPERA

El número y capacidad de las tolvas de espera es un elemento importante que indica si la capacidad de las almazaras se aproxima a las entradas de frutos previstas.

En la tabla 4.4 se recoge el número y la capacidad máxima de almacenamiento de aceituna de las tolvas de espera, así como la capacidad diaria máxima de recepción de aceituna (epígrafe 4.1.1.3) de las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria*.

El número de tolvas de espera de las almazaras encuestadas asciende a 15, pudiendo acumular un total de 311.500 kg de aceitunas.

Tabla 4.4. Número y capacidad de las tolvas de espera y capacidad diaria máxima de recepción de aceituna de las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria*.

Nº tolvas	**Capacidad máxima de almacenamiento de aceituna (kg)**	**Capacidad diaria máxima de recepción de aceituna (kg)**
15	311.500	194.000

La capacidad máxima de almacenamiento es superior a la capacidad diaria máxima de recepción de aceituna (194.000 kg), por lo que no se plantea, en estos casos, ninguna propuesta de mejora, aunque sí se aconseja que se diferencie alguna tolva, para aceitunas que vayan a dar aceites de mala calidad (aceitunas en mal estado sanitario, atrojadas, etc.).

También es recomendable incrementar el número y capacidad de las tolvas de espera en aquellas almazaras donde el tiempo medio de atrojado de las aceitunas sea superior a 24 horas, para evitar tener problemas en la recepción de aceituna, en días donde la entrada de la misma sea elevada.

4.1.3. PROCESADO DE LA ACEITUNA

En este tercer bloque se analiza el sistema de molienda, el número de líneas de procesado, la capacidad diaria máxima de procesado de las aceitunas, el número y cuerpos de las termobatidoras, la temperatura y tiempo de la operación de termobatido, el uso de coadyuvantes tecnológicos de filtración, los sistemas de separación sólido-líquido, la capacidad horaria de trabajo de las almazaras, la temperatura del agua de la centrífuga vertical y la utilización de la centrífuga vertical.

4.1.3.1. SISTEMA DE MOLIENDA

La operación de la molienda consiste en hacer un daño mecánico en la pulpa de las aceitunas para facilitar la liberación del aceite contenido en el interior de las vacuolas (Niaounakis & Halvadakis, 2006; Di Giovacchino, 2013).

El sistema de molienda utilizado en las 4 almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* es el de martillos.

El molino de martillos es el sistema de molturación más avanzado y moderno, la limpieza es fácil, ocupa poco espacio para la capacidad de molturación que puede proporcionar (Driss Alami, 2010) y disminuye los gastos en personal, por lo que no se propone ninguna mejora. Está construido íntegramente en acero inoxidable, en cuyo interior se localizan las partes activas giratorias, constituidas por una cruceta con los martillos y la criba de regulación del

grado de molienda (Alba *et al.*, 2009). Un inconveniente que presenta es que empeora la extractabilidad de la pasta resultante y la posibilidad de incorporar trazas metálicas.

El sistema tradicional de empiedro (prensas), ocupa más espacio y precisa más personal, al tratarse de un sistema discontinuo, pero mejora la extractabilidad de la pasta resultante, precisando ésta un menor tiempo de termobatido (Di Giovacchino, 2003).

4.1.3.2. NÚMERO DE LÍNEAS DE PROCESADO

En la figura 4.3 se presenta el número de líneas de procesado de las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria*. Dos de las almazaras cuentan con 2 líneas de procesado (90%) y las otras dos, con una sola línea (10%) (Fot. 4.5).

No se proponen mejoras, pues se observa una adecuada correspondencia entre los kg de aceite producidos por almazara y el número de líneas de procesado en funcionamiento.

Fotografía 4.5. *Línea de procesado de la almazara de Olivares de Altomira (Vellisca, Cuenca)*

4.1.3.3. CAPACIDAD DIARIA MÁXIMA DE PROCESADO DE ACEITUNA

La capacidad diaria máxima de procesado de aceituna constituye un dato fundamental a la hora de conocer si la almazara está bien dimensionada. Su relación con la capacidad diaria máxima de recepción de aceituna nos muestra si una almazara se verá obligada a atrojar el fruto, sobre todo en años de alta producción.

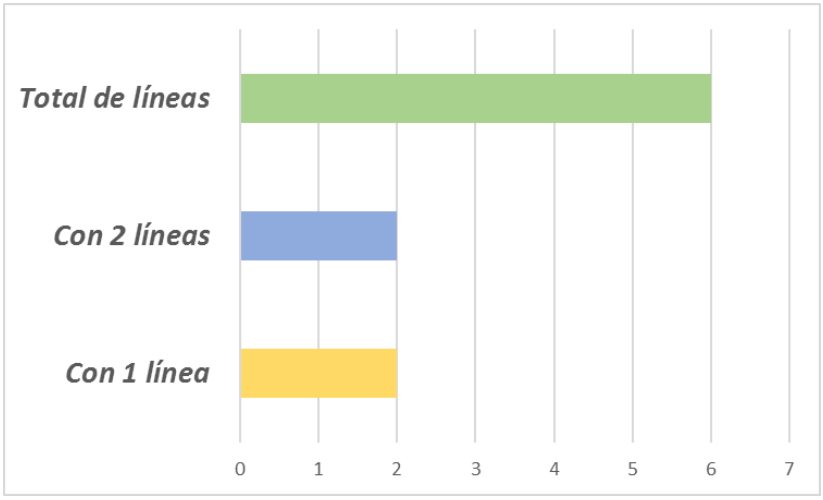


Figura 4.3. *Resultados obtenidos con respecto al número de líneas de procesado de las almazaras inscritas en la DOP Aceite de la Alcarria*

La capacidad diaria máxima de procesado de la aceituna en las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* (287.000 kg) es mayor que la capacidad diaria máxima de recepción (194.000 kg), por lo que no se propone ninguna mejora.

Una propuesta de mejora opcional consistiría en el aumento de las líneas de procesado, ya que, aunque se produce un sobredimensionado de la almazara, negativo desde el punto de vista económico, sería de gran utilidad cuando se averían las líneas actuales o cuando hay que procesar aceitunas en mal estado.

4.1.3.4. NÚMERO Y CUERPOS DE LAS TERMOBATIDORAS

Después de su paso por el molino, la pasta de aceituna molida entra en las termobatidoras. El termobatido consiste en someter a la pasta a una temperatura constante durante un

tiempo determinado, para aumentar el tamaño de las gotas de aceite y, así, mejorar la separación de las fases acuosa y lipídica. La pasta puede ser calentada o se le puede añadir agua caliente durante el proceso, para aumentar el rendimiento, aunque esto provoca, generalmente, una disminución de la calidad del aceite (Dermeche *et al.*, 2013).

En la figura 4.4 se recoge el número de termobatidoras y el número de cuerpos de cada una de ellas de las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria*.

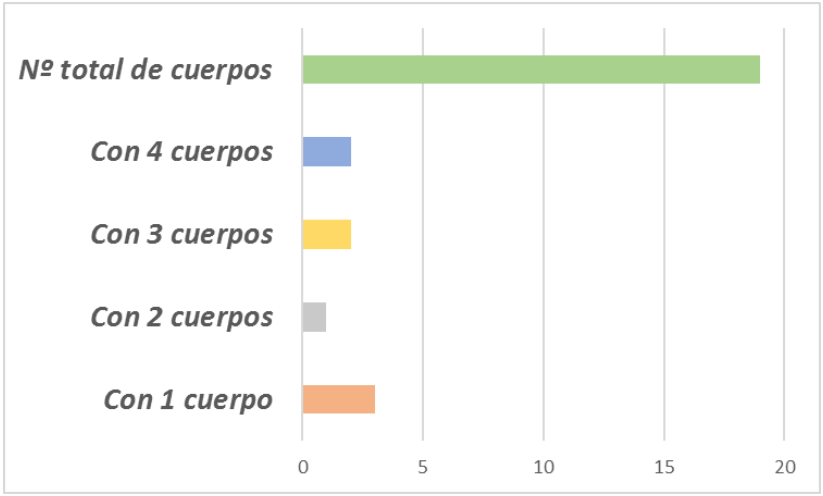


Figura 4.4. *Número de termobatidoras y número de cuerpos de cada una de ellas de las almazaras inscritas en la DOP Aceite de la Alcarria*

El número total de termobatidoras es de 8, y se observa que no hay un predominio de ninguna de ellas. Las termobatidoras de mayor número de cuerpos se localizan en las almazaras de mayor tamaño y, por tanto, de mayor producción de aceite. Todas las almazaras cuentan con termobatidoras (Fot. 4.6) suficientes, bien distribuidas y con características adecuadas, por lo que no se propone ninguna mejora.

4.1.3.5. TEMPERATURA Y TIEMPO DE LA OPERACIÓN DE TERMOBATIDO

Temperatura del termobatido

En la figura 4.5 se recogen los resultados obtenidos con respecto a la temperatura de termobatido utilizada en las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria*.

Fotografía 4.6. *Termobatidora de 1 cuerpo*

Un 95% de la producción oleícola es termobatida a las temperaturas recomendadas por los organismos oficiales y centros de investigación (28±2ºC), mientras que un 5% de la misma (1 almazara) supera ligeramente estas temperaturas (31-34ºC).

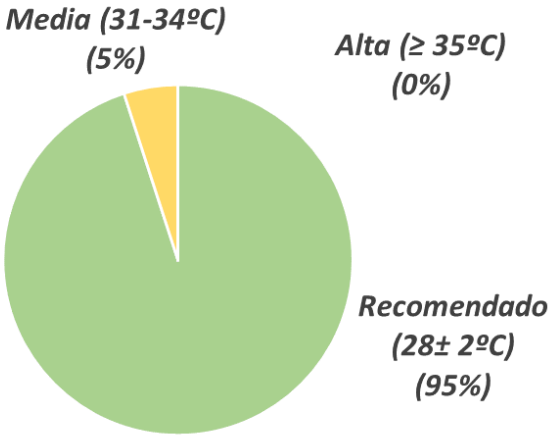


Figura 4.5. *Resultados obtenidos con respecto a la temperatura de termobatido utilizada en las almazaras inscritas en la DOP Aceite de la Alcarria*

Como propuesta de mejora, se recomienda a la almazara infractora (utiliza temperaturas superiores a los 30ºC), corregir esta práctica, usando siempre las temperaturas de termobatido recomendadas.

Debemos recordar que un aumento de la temperatura de la pasta de batido disminuye la viscosidad del aceite, favorece la extracción y aumenta el rendimiento industrial (Fiori *et al.*, 2014). Sin embargo, los aumentos de extractabilidad obtenidos, cuando la temperatura de la pasta supera los 30°C, no suelen ser tan espectaculares como en ocasiones se supone, pero un exceso de temperatura es claramente perjudicial para la calidad del aceite (Di Giovacchino, 2013), al acelerarse los procesos oxidativos, al tiempo que se produce una pérdida de componentes volátiles, desciende la intensidad del frutado de aceituna, al tiempo que aumenta la intensidad de la sensación de astringencia o aspereza del aceite.

La posible pérdida de extractabilidad, puede compensarse con otros mecanismos (adición de coadyuvantes tecnológicos o reducción de la cantidad de masa procesada).

Tiempo del termobatido

Para conseguir una adecuada extractabilidad, el factor tiempo en las termobatidoras es crucial, al igual que la temperatura. Los tiempos de termobatido efectivos son distintos en función del sistema de molturación utilizado (Youssef *et al.*, 2013). Así, se necesita un tiempo de termobatido efectivo de unos 40-60 minutos, para las masas procedentes de molinos de empiedro y de, aproximadamente, 60-90 minutos, para las de molinos metálicos de martillos.

Un 90% de la producción oleícola es termobatida durante el tiempo recomendado por los organismos oficiales y centros de investigación (60-90 minutos), mientras que un 10%, realiza el termobatido durante menos tiempo (40-60 minutos).

Cuando el tiempo de termobatido es inferior al aconsejado se obtiene una menor cantidad de aceite, mientras que, si este es excesivamente largo, se produce un descenso del contenido de polifenoles y de los parámetros con él relacionados, estabilidad y amargor.

Se recomienda a las almazaras, que comprueben si pierden aceite en los alpeorujos, y que analicen si la causa es la de un tiempo de termobatido insuficiente.

En la figura 4.6 se recogen los resultados obtenidos con respecto al tiempo de termobatido utilizado en las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria*.

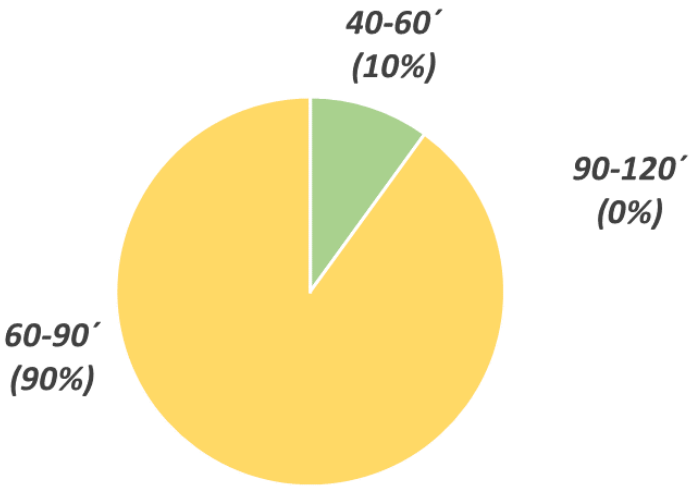


Figura 4.6. *Resultados obtenidos con respecto al tiempo de termobatido utilizado en las almazaras inscritas en la DOP Aceite de la Alcarria*

4.1.3.6. USO DE COADYUVANTES TECNOLÓGICOS DE FILTRACIÓN

La realización de un batido correcto se pone de manifiesto por una serie de síntomas visuales:

- En el último cuerpo de la batidora hay abundante aceite sobrenadante.
- Las paletas de la batidora salen siempre limpias.
- La masa se resquebraja, presentando un color oscuro brillante.

Sin embargo, en ocasiones, a pesar de haber tenido una temperatura y tiempo de termobatido correctos, no se aprecian estos síntomas. Esto puede deberse a la formación de pastas difíciles (masas untuosas, de color púrpura en las que se producen enlaces entre el agua y el aceite), que determinan un contenido graso del orujo y/o alpechín anormalmente alto, y, por consiguiente, una disminución de la extractabilidad, produciéndose menor rendimiento industrial (Alba *et al.*, 2009). Existen diversas soluciones al respecto, como atrojar el fruto, aumentar la temperatura del batido o reducir la capacidad de elaboración de la maquinaria, todas ellas con el consiguiente deterioro de la calidad del aceite.

Otra solución, como el empleo de enzimas (Fot. 4.7), ha sido eliminada en los países pertenecientes al Consejo Oleícola Internacional (COI), por tratarse de un procedimiento biológico y no físico. En cambio, en países no pertenecientes al COI, el uso de enzimas procedentes del hongo *Aspergillus aculeatus*, suele ser una práctica habitual.

Fotografía 4.7. *Dosificadores de enzimas (arriba) y microtalco (abajo)*

En la actualidad, se emplean coadyuvantes tecnológicos (Fot. 4.7). Esta última es la opción que manejan los almazareros de las almazaras de la *DOP Aceite de la Alcarria*, y en la dosis recomendada por los fabricantes, según el tipo de microtalco (natural o concentrado) utilizado. El MTN (silicato magnesio hidratado) transforma la textura de la pasta a granulosa, de manera que facilita la separación del aceite. Con ello, estas almazaras consiguen un mejor agotamiento de los subproductos y, por tanto, un mejor rendimiento industrial (Brahima *et al.*, 2015). El uso de MTN a las dosis correctas, no influye en los parámetros fisicoquímicos del aceite, ni en su perfil organoléptico, ni en las pruebas de su composición y pureza.

4.1.3.7. SISTEMA DE SEPARACIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO

Todas las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* utilizan el sistema continuo de dos fases o salidas (Fot. 4.8), como método de separación sólido-líquido. Dicho método es el más moderno, avanzado y valorado del mercado y se le conoce, también, como el sistema ecológico de producción del aceite de oliva (Vera, 2011), dado que minimiza el problema medioambiental del alpechín (principal residuo contaminante generado por las almazaras de tres fases o salidas y las de prensas).

Dadas las ventajas que presenta este sistema de separación sólido-líquido, ya descritas en el apartado de introducción, no se propone ninguna mejora.

4.1.3.8. CAPACIDAD HORARIA DE TRABAJO DE LAS ALMAZARAS

La capacidad horaria de trabajo está, como es de esperar, en función del número de líneas de procesado disponibles y utilizadas por la almazara, y de la metodología de trabajo del almazarero. Las almazaras que disponen de 1 línea, procesan entre 600 y 1.250 kg de aceituna por hora, mientras que las que disponen de 2 líneas, procesan entre 6.875 y 7.500 kg. La capacidad horaria de trabajo de las 4 almazaras adscritas a la *DOP Aceite de la Alcarria* es de 16.225 kg de aceituna/hora.

No se proponen mejoras puesto que los operarios utilizan correctamente las líneas en función de la cantidad de aceituna que se recepciona en la almazara.

Fotografía 4.8. *Centrífuga horizontal (decánter) de dos fases o salidas*

4.1.3.9. TEMPERATURA DEL AGUA DE LA CENTRÍFUGA VERTICAL

El objetivo principal de la adición de agua caliente a la centrífuga vertical (Fot. 4.9), es el de aumentar el espesor de la fase alpechín. Uno de los factores a controlar en esta operación, y que condiciona las características del aceite obtenido, es la temperatura, ya que cuando es elevada se pierden aromas y polifenoles (Cert *et al.*, 1999). Centros de investigación y organismos oficiales estiman que la temperatura recomendada es de 28±2ºC.

En la figura 4.7 se recogen los resultados obtenidos con respecto a la temperatura del agua de la centrífuga vertical, utilizada en las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria*.

Fotografía 4.9. *Aspecto externo de una centrífuga vertical*

Un 40% de los aceites es centrifugado a la temperatura del agua recomendada (28±2ºC), en cambio en un 60% de los mismos, se supera ligeramente dicha temperatura (31-34%).

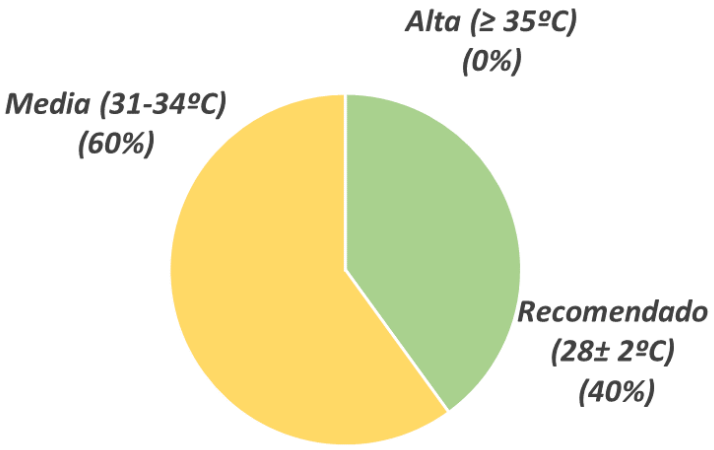


Figura 4.7. *Resultados obtenidos con respecto a la temperatura del agua de la centrífuga vertical, utilizada en las almazaras inscritas en la DOP Aceite de la Alcarria*

Como propuesta de mejora, se recomienda a aquella almazara que utiliza temperaturas superiores a las recomendadas, que las corrijan, no superando, en ningún caso, los 30ºC, para evitar los inconvenientes descritos. La tendencia actual en cuanto a la separación líquido-líquido es la utilización de la decantación natural en depósitos y la filtración posterior, prescindiendo del uso de la centrífuga vertical.

4.1.3.10. UTILIZACIÓN DE LA DECANTACIÓN NATURAL

La decantación natural tiene lugar en 2 de las 4 almazaras inscritas en la DOP, responsables del 65% de la producción oleícola generada por las mismas (Fig. 4.8). Las almazaras restantes sólo cuentan con centrífuga vertical, como sistema de separación líquido-líquido.

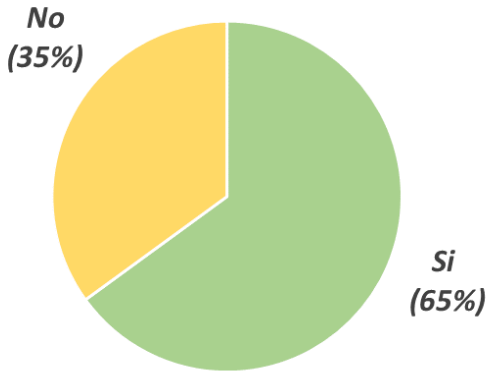


Figura 4.8. *Resultados obtenidos con respecto a la utilización de la decantación natural en las almazaras inscritas en la DOP Aceite de la Alcarria*

Como propuesta de mejora, se recomienda a las almazaras que decantan aceites en pocillos (Fot. 4.10), que extremen las condiciones de higiene (caída de polvo, microorganismos, animales, etc.) y el excesivo aireamiento de los mismos, para evitar su deterioro por prácticas incorrectas.

***Fotografía 4.10**. Depósitos de decantación del aceite de oliva*

4.1.4. ALMACENAMIENTO DE LOS ACEITES

En este cuarto bloque se aborda el número, capacidad y tipo de depósitos de almacenamiento de aceites y el control de la temperatura en el local de almacenamiento.

4.1.4.1. NÚMERO, CAPACIDAD Y TIPO DE DEPÓSITOS DE ALMACENAMIENTO DE ACEITES

El aceite es muy susceptible a oxidaciones, a olores y al contacto con materiales inadecuados. Durante el almacenamiento, las almazaras deben tomar todo tipo de precauciones para prevenir las tres principales causas de deterioro (Di Giovacchino, 2003):

- El contacto con materiales inadecuados.
- El contacto prolongado con impurezas acuosas.
- La oxidación.

En la tabla 4.5 se recoge el número de depósitos de almacenamiento, su capacidad y el material con el que están construidos, de las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria*.

El número de depósitos de almacenamiento de las almazaras encuestadas asciende a 82, pudiendo almacenar, entre todos ellos, un total de 2.870.500 kg de aceite.

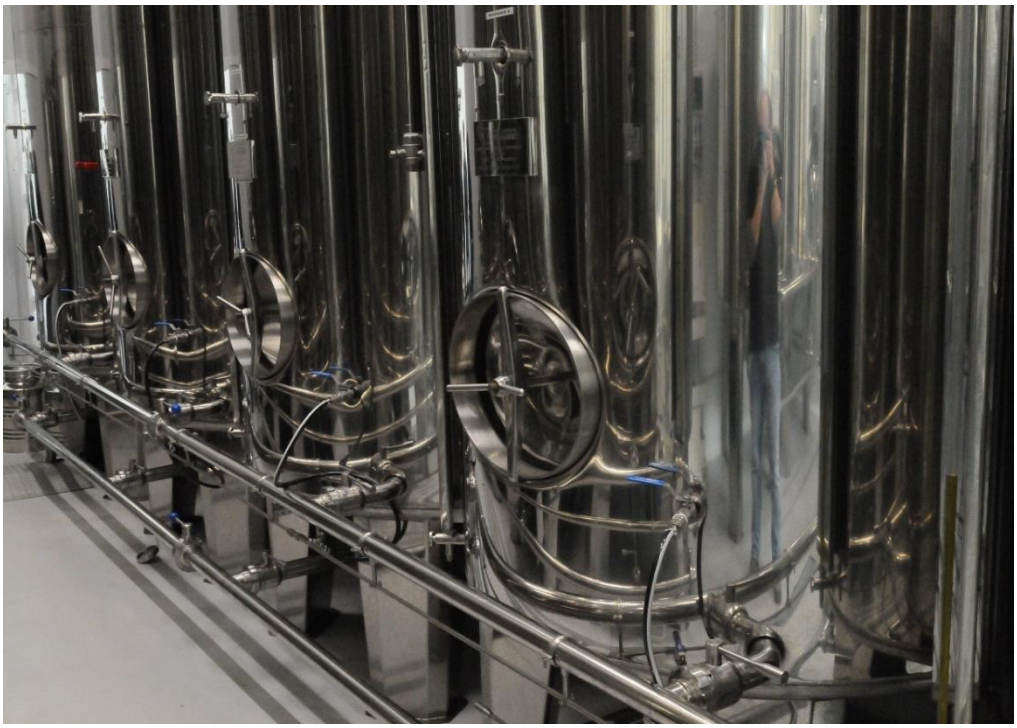
El deterioro del aceite provocado por materiales de envasado suele ser debido a la contaminación de la superficie metálica con la que el aceite está en contacto. El contacto con ciertos metales puede, incluso, catalizar la oxidación del aceite. Para eliminar cualquier posibilidad de contaminación del aceite, el depósito debe estar fabricado con materiales inertes, como el acero inoxidable, que permitan conservar inalteradas sus cualidades.

En este sentido, en la zona de estudio, el uso del acero inoxidable (Fot. 4.11) en los depósitos supone un 66,44% del total. El resto de los depósitos (33,56%) están construidos con distintos materiales (hierro con resina epoxi, poliéster, fibra de vidrio, etc.).

Tabla 4.5. Resultados obtenidos con respecto al número de depósitos, la capacidad de almacenamiento conjunta de los mismos y el material con el que están construidos, de las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria*.

Almazara	Número de depósitos de almacenamiento	Capacidad (kg)	Material del depósito
Aceites Delgado S.L.	35	1.682.500	Acero inoxidable (63,30%) Poliéster, fibra de vidrio (31,65%) Hierro revestido (5,05%)
Hermanos Pastor Vellisca, S.L.	8	46.000	Acero inoxidable (100%)
SAT Alcarria Baja	11	156.000	Poliéster, fibra de vidrio (100%)
Sociedad Cooperativa Alta Alcarria	28	986.000	Acero inoxidable (80,73%) Poliéster, fibra de vidrio (19,27%)
D.O. Aceite de la Alcarria	82	2.870.500	Acero inoxidable (66,44%) Poliéster, fibra de vidrio (30,61%) Hierro revestido (2,95%)

El acero inoxidable nos garantiza la completa seguridad del producto, por lo que no se proponen mejoras con respecto a los depósitos utilizados construidos con este material; para el resto de los depósitos, aunque estén construidos con materiales autorizados, se aconseja su sustitución, en el menor tiempo posible, por depósitos de acero inoxidable, al ser estos más fiables y adecuados para el contacto con los alimentos.



Fotografía 4.11. *Depósitos de almacenamiento de acero inoxidable (izquierda) y de fibra de vidrio (derecha)*

Finalmente, es necesario recordar, que la luz, el contacto con el aire, las altas temperaturas (superiores a 30ºC) y los altos contenidos en metales, favorecen el deterioro oxidativo del aceite de oliva (Di Giovacchino, 2003; Aguilera, 2006). Por este motivo, para retrasar la oxidación enzimática del aceite de oliva se aconseja llenar los depósitos hasta arriba, cerrarlos herméticamente y almacenarlos en la oscuridad.

4.1.4.2. CONTROL DE LA TEMPERATURA EN EL LOCAL DE ALMACENAMIENTO DE LOS ACEITES

La temperatura del local de almacenamiento (bodega) juega un importante papel para evitar las oxidaciones del aceite elaborado. En este contexto, el almacenamiento debe ser a temperaturas suaves y constantes, que, además, favorezca la maduración del aceite, proceso en el que se suavizan sus características de amargor, astringencia, etc. Se aconseja temperaturas entre 12 y 22ºC (COI, 2006).

Todas las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* tienen control sobre la temperatura del local de almacenamiento, por lo que no se propone ninguna mejora. Se recomienda aislar el techo de la sala de almacenamiento y controlar sus equipos de calefacción, para controlar dicho parámetro, siempre y cuando se considere necesario por problemas al calentar o refrigerar la sala.

4.1.5. CONTROL DEL PROCESO Y DEL PRODUCTO FINAL

En este quinto bloque se analiza la correcta aplicación del sistema APPCC y el análisis de los aceites y de los alpeorujos resultantes del proceso de elaboración.

4.1.5.1. APLICACIÓN DEL SISTEMA DE ANÁLISIS DE PELIGROS Y PUNTOS DE CONTROL CRÍTICO (APPCC)

El APPCC es un sistema preventivo que trata de garantizar la seguridad e inocuidad alimentaria y que permite la protección del producto. Intenta identificar los peligros microbiológicos, químicos y físicos existentes en una práctica industrial o proceso, para identificar los Puntos de Control Críticos (PCCs), en los que se pueden controlar esos peligros, así como establecer sistemas de control y de vigilancia.

Las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* muestran una actitud ejemplar en cuanto a la aplicación del sistema APPCC, por lo que no se recomienda ninguna propuesta de mejora.

4.1.5.2. ANÁLISIS DEL ACEITE

En todas las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* se analiza regularmente el aceite, por lo que no se recomienda ninguna mejora.

4.1.5.3. ANÁLISIS DEL ALPEORUJO

En todas las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* se analiza regularmente el alpeorujo (Fot. 4.12), por lo que no se recomienda ninguna propuesta de mejora.

Dichos análisis son fundamentales en la rentabilidad del proceso, puesto que el aceite que queda en el alpeorujo, tendrá siempre un precio muy inferior al del aceite de oliva virgen, aunque sea lampante.

Fotografía 4.12. *Balsa de alpeorujo*

4.1.6. TRATAMIENTO DE SUBPRODUCTOS Y RESIDUOS

En este sexto bloque se analiza el destino de los alpeorujos, del agua de lavado de las aceitunas y de los aceites y de las hojas y ramas que acompañan a las aceitunas.

4.1.6.1. DESTINO DE LOS ALPEORUJOS

El alpeorujo surge del sistema de centrifugación de dos fases, presente en todas las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria*. Es un subproducto constituido por el alpechín o aguas de vegetación, partes sólidas de la aceituna (hueso, mesocarpio y piel) y restos grasos.

El tratamiento del alpeorujo se considera un aspecto importante a tener en cuenta por las almazaras, fundamentalmente, por su alta humedad y difícil manejo. Sin embargo, supone

un subproducto que puede aprovecharse por las orujeras para extraer su aceite restante, bien a través de una nueva centrifugación (aceite de repaso o reprocesado) o mediante su extracción química con disolventes (aceite de orujo de oliva).

En la figura 4.9 se presentan los resultados obtenidos con respecto al destino de los alpeorujos generados en las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria*.

La empresa *Mostos, Vinos y Alcoholes S.A. (MOVIALSA)*, situada en la localidad ciudadrealeña de Campo de Criptana, es la empresa responsable del tratamiento del 45% de los alpeorujos generados en la zona de estudio; le sigue *Aceites Alarcón S.L.*, de Buenache de Alarcón (Cuenca), que procesa un 30%; el 25% restante lo procesa la *Extractora Ecológica de Mora S.A.*, situada en Mora (Toledo).

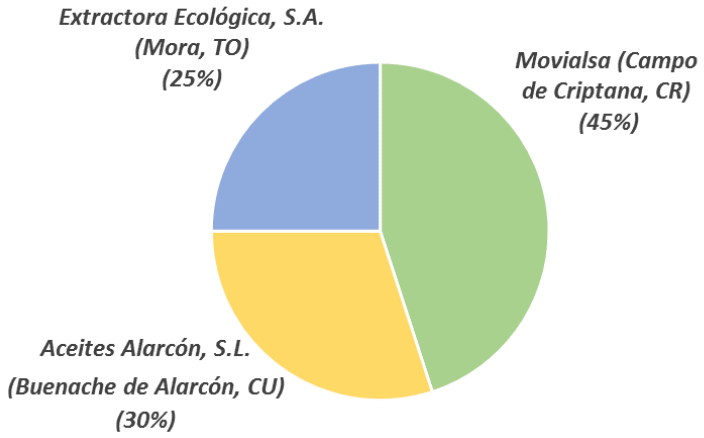


Figura 4.9. *Destino de los alpeorujos generados en las almazaras inscritas en la DOP Aceite de la Alcarria*

La forma de actuar de las almazaras, con respecto a los alpeorujos, es correcta por lo que no se recomienda ninguna propuesta de mejora. Existe, sin embargo, la posibilidad de incrementar la cantidad de aceite de oliva producido (aunque sea de peor calidad fisicoquímica y sensorial), mediante el repaso o reprocesado de los alpeorujos generados (Dermeche *et al.*, 2013), aprovechando el aumento del número de líneas de procesado. Lo que se han de llevar las orujeras puede y debe ser aprovechado por la propia almazara.

Esta forma de proceder de las almazaras contribuye a eliminar el impacto ambiental que supone verter el alpeorujo directamente en campo. El alpeorujo presenta un bajo pH, difícil de variar debido a su poder tampón, consecuencia de la alta cantidad de ácidos grasos presentes, gran poder contaminante, debido a su alta demanda biológica de oxígeno (DBO) y a su alta demanda química de oxígeno (DQO), y cantidad elevada de sustancias minerales y orgánicas (Andrés *et al*., 2001). Su depuración en plantas de tratamiento de residuo urbano es muy difícil, debido al alto valor de residuo seco que presenta (COI, 1991).

Además, esta actuación favorece la aparición de nuevas utilidades del orujo, como puede ser, el uso del orujo desengrasado como combustible de bajo grado energético (Fot. 4.13), con una potencia energética de 3.200-3.800 kcal/kg (COI, 1990).

También puede ser usado como fertilizante agrícola, por su gran contenido en materia orgánica y elementos minerales, incluyendo nitrógeno, fósforo y potasio (Pardo, 2006; Khayer *et al.*, 2014; Aranda *et al.*, 2016).

Fotografía 4.13. *Orujillo utilizado para calefacción de la propia almazara*

4.1.6.2. DESTINO DE LAS AGUAS DE LAVADO DE LAS ACEITUNAS Y DE LOS ACEITES

Tradicionalmente, las aguas de lavado de las aceitunas y de los aceites se añadían a las aguas de vegetación y constituían el alpechín, residuo de alto poder contaminante. La aparición del sistema de separación sólido-líquido de dos fases, utilizado en todas las almazaras de la comarca, elimina el problema de las aguas de vegetación, pero no el de las aguas de lavado de las aceitunas y de los aceites, siendo, por tanto, el único residuo contaminante, aunque de menor toxicidad y volumen que el alpechín; estas aguas contienen taninos, pectinas, ligninas, componentes fenólicos, etc., que las hacen tóxicas para microorganismos y plantas (Bouknana *et al.*, 2014; Gerasopoulos *et al.*, 2015).

El único destino de las aguas de lavado de las aceitunas y de los aceites en la *DOP Aceite de la Alcarria*, son las balsas de acumulación y evaporación (100%) (Fot. 4.14).

Fotografía 4.14. *Balsa de acumulación y evaporación*

Las balsas de acumulación y evaporación, para cumplir con eficacia sus objetivos, deberán estar bien dimensionadas (para evitar desbordamientos) e impermeabilizadas (para evitar filtraciones y la posible contaminación de los acuíferos), valladas en todo su perímetro

(para evitar el posible paso de animales y personas), situadas a una distancia mayor de 500 m del núcleo de población más cercano y nunca de forma que los vientos dominantes vayan en dirección balsa-núcleo (para evitar que los olores desagradables lleguen a la población), una profundidad entre 0,5-1 m (para conseguir su evaporación total antes de que finalice el verano) y ser limpiadas anualmente y al final de cada campaña (para evitar colmataciones y malos olores) (Andrés *et al.*, 2001).

4.1.6.3. DESTINO DE LAS HOJAS Y RAMAS

La utilización de los subproductos agroindustriales en la alimentación animal, en la producción de energía o en la obtención de productos secundarios, es un objetivo prioritario de todo proceso productivo.

En la figura 4.10 se presentan los resultados obtenidos con respecto al destino de las hojas y ramas resultantes de la limpieza de las aceitunas en las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria*.

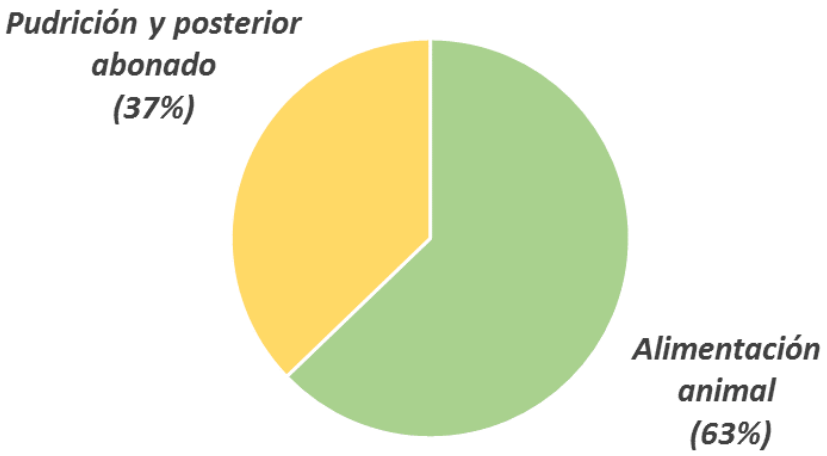


Figura 4.10. *Destino de las hojas y ramas resultantes de la limpieza de las aceitunas en las almazaras inscritas en la DOP Aceite de la Alcarria*

El principal destino de las hojas y ramas (Fot. 4.15), resultantes de la limpieza de las aceitunas, es la alimentación animal (63%), seguido por la pudrición para su posterior uso como abono (37%).

El quemado de las hojas y ramas o su vertido en basureros son prácticas que no se llevan a cabo en estas almazaras.

Fotografía 4.15. *Hojas y ramas resultantes de la limpieza de las aceitunas*

La alimentación animal parece ser el destino más adecuado, por lo que no se recomienda ninguna propuesta de mejora. La pudrición de hojas y ramas de olivo y su posterior uso como abono, también es un destino interesante, como demuestran recientes experiencias.

Estudios recientes sugieren el uso de hojas y ramas, así como de restos de poda, junto a pasta de aceituna, en procesos de pirolisis, combustión y gasificación (Barbanera *et al.*, 2016). Otros autores plantean el uso de las hojas de aceituna para extraer compuestos bioactivos útiles para la industria cosmética y alimentarias, tales como secoroides, flavonoides y compuestos fenólicos (Rahmaniana *et al.*, 2015; Nunes *et al.*, 2016).

4.1.7. DATOS GENERALES DE INTERÉS

En este último bloque se abordan diferentes datos generales de interés como puede ser el número de olivicultores y las variedades de olivo cultivadas en la zona.

4.1.7.1. NÚMERO DE OLIVICULTORES ADSCRITOS A LAS ALMAZARAS INSCRITAS EN LA *DOP ACEITE DE LA ALCARRÍA*

El número total de olivicultores adscritos a las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* asciende a 743.

4.1.7.2. VARIEDADES DE OLIVO

En la tabla 4.6 se presentan las variedades de olivo cultivadas en la zona de estudio y cuyas aceitunas son procesadas en las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria*.

Tabla 4.6. Variedades de olivo (%) cultivadas en la zona de estudio.

Variedades de olivo	**(%)**
Arbequina	0,10
Castellana	98,65
Gordera	0,17
Manzanilla de Centro	0,96
Martín Galgo	0,12

La variedad predominante y prácticamente única de la zona de estudio es *Castellana* (98,65%); pueden encontrarse, de forma testimonial, pies de olivo aislados en campos de *Castellana* o pequeñas parcelas de otras variedades tales como, *Manzanilla de Centro* (0,96%), *Gordera* (0,17%), *Martín Galgo* (0,12%) y *Arbequina* (0,10%).

4.2. CARACTERIZACIÓN, DESDE LOS PUNTOS DE VISTA FISICOQUÍMICO Y SENSORIAL, DE LOS ACEITES DE OLIVA VIRGEN OBTENIDOS DE LAS VARIEDADES DE OLIVO CULTIVADAS EN LA DOP ACEITE DE LA ALCARRIA

Para evaluar la calidad potencial de los aceites de oliva virgen monovarietales procedentes de las distintas variedades de olivo cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria*, se han analizado parámetros de calidad fisicoquímica y sensorial reglamentada, parámetros de estabilidad y la composición en ácidos grasos, triglicéridos y esteroles de las muestras varietales, recolectadas en distintos momentos de la maduración, durante las cuatro campañas oleícolas estudiadas.

4.2.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS ACEITES DE OLIVA VIRGEN MONOVARIETALES DE LA *DOP ACEITE DE LA ALCARRIA* EN FUNCIÓN DE LA VARIEDAD

Desde el punto de vista fisicoquímico, los aceites de oliva virgen monovarietales obtenidos de las diferentes variedades de olivo cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria* presentan características diferenciales. La figura 4.11 muestra el resultado de un análisis de componentes principales a partir de parámetros fisicoquímicos, realizado con 3 muestras recogidas en envero y otras 3 maduras, de cada una de las variedades, durante 4 años consecutivos. En esta figura se observan las diferencias entre las mismas, aunque se pueden establecer 3 grupos en función de sus similitudes: por un lado, las variedades *Castellana* y *Manzanilla*, por otro lado, *Gordera* y *Martín Galgo*, y por último la variedad *Arbequina*, que muestra características intermedias entre los otros dos grupos. En el caso de las variedades *Manzanilla* y *Castellana*, se diferencian del resto, principalmente, por un mayor contenido en polifenoles y tocoferoles, y un contenido menor en campesterol.

4.2.1.1. COMPOSICIÓN EN ÁCIDOS GRASOS

Los ácidos grasos son los principales componentes de los aceites, por lo que suelen determinar su comportamiento físico, afectando en gran medida a su viscosidad o determinando su punto de fusión. Además, las propiedades químicas y nutricionales del

aceite de oliva también se ven influidos en gran medida por su composición en ácidos grasos.

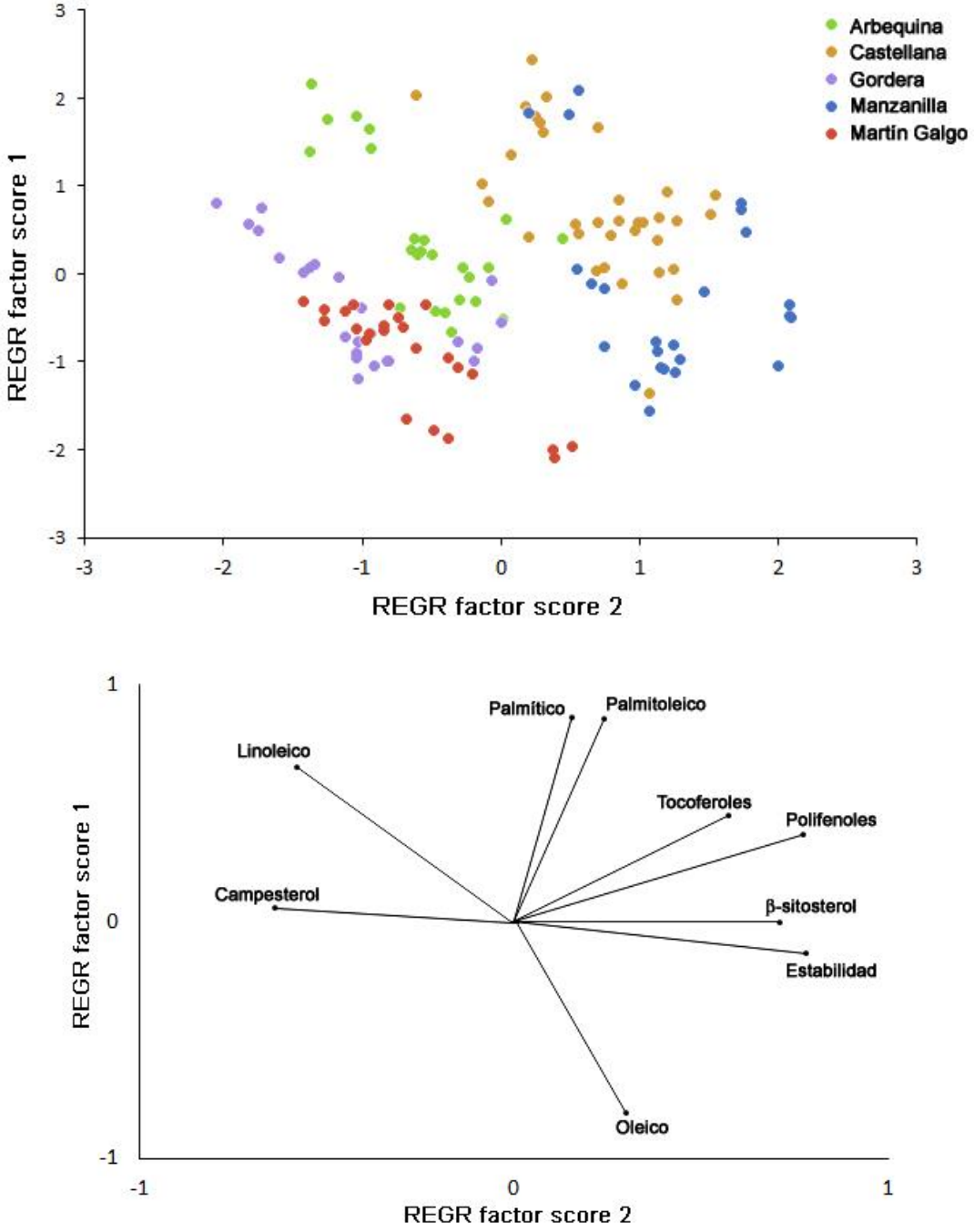


Figura 4.11. Análisis de Componentes Principales realizado con los parámetros fisicoquímicos, con 3 muestras recogidas en estado de envero y otras 3 maduras de cada variedad, durante 4 campañas consecutivas. En el gráfico inferior se muestra el peso de los diferentes componentes

Los aceites vegetales, en general, se caracterizan por poseer un elevado porcentaje de ácidos grasos insaturados, con dobles enlaces en su cadena hidrocarbonada. En el caso del aceite de oliva, aunque se suele caracterizar por elevados contenidos en ácido oleico y una composición de ácidos grasos saturados de alrededor del 15%, cada variedad suele presentar pequeñas diferencias, que hacen que los aceites monovarietales presenten patrones de ácidos grasos característicos. En la tabla 4.7 se muestra el perfil de ácidos grasos de cada uno de los aceites de oliva virgen monovarietales elaborados con las variedades de olivo cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria*

Los aceites obtenidos de la variedad *Arbequina* se caracterizan por un elevado contenido en ácido linoleico, y una menor proporción de ácido oleico, igual que se ha observado en otras comarcas oleícolas españolas (Alvarruiz *et al.*, 2015; Sena-Moreno *et al.*, 2015; Navas-López *et al.*, 2020).

La variedad *Castellana* es la mayoritaria, y la que va a dar lugar a las características generales del aceite con *DOP*. Se caracteriza por presentar un porcentaje más elevado de ácidos grasos saturados que el resto de las variedades, debido, principalmente, a una mayor proporción de ácido palmítico. Dentro de los ácidos grasos mayoritarios, también se aprecia una proporción baja de ácido oleico, aunque sin diferenciarse significativamente de *Arbequina* y *Gordera*, y un contenido intermedio de ácido linoleico.

La variedad *Gordera* presenta valores intermedios en todos los ácidos grasos mayoritarios, mientras que la variedad *Manzanilla* destaca por su elevado contenido en ácido oleico y su baja proporción en ácido linoleico, si se compara con el resto de las variedades. Por último, los aceites de la variedad *Martin Galgo* muestran los contenidos menores en ácido palmítico, lo que se refleja en un contenido en ácidos grasos saturados bajo, aunque no son significativamente diferentes del resto de variedades, si exceptuamos a *Castellana*.

4.2.1.2. COMPOSICIÓN EN TRIGLICÉRIDOS

En la tabla 4.8 se muestra el perfil de triglicéridos de cada uno de los aceites de oliva virgen monovarietales elaborados con las variedades de olivo cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria*

Tabla 4.7. Composición en ácidos grasos de los aceites monovarietales elaborados con las variedades de olivo cultivados en la *DOP Aceite de la Alcarria*. Los valores reflejan las medias y la desviación típica de las muestras recogidas tanto en envero y como maduras, durante 4 campañas oleícolas consecutivas. Los ácidos grasos mayoritarios se muestran sombreados.

	Arbequina	***Castellana***	***Gordera***	***Manzanilla***	***Martín Galgo***
Ác. Mirístico C14:0	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00
Ác. Palmítico C16:0	12,45 ± 1,36^{b}	14,09 ± 1,46^{a}	11,98 ± 0,94^{b}	12,08 ± 1,61^{b}	11,20 ± 0,95^{c}
Ác. Palmitoleico C16:1	1,08 ± 0,25^{ab}	1,11 ± 0,19^{a}	0,78 ± 0,13^{c}	0,99 ± 0,18^{b}	0,69 ± 0,12^{c}
Ác. Margárico C17:0	0,14 ± 0,03^{a}	0,05 ± 0,00^{c}	0,09 ± 0,05^{b}	0,05 ± 0,00^{c}	0,09 ± 0,07^{b}
Ác. Margaroleico C17:1	0,30 ± 0,05^{a}	0,08 ± 0,01^{c}	0,15 ± 0,08^{b}	0,09 ± 0,01^{c}	0,14 ± 0,09^{b}
Ác. Esteárico C18:0	2,02 ± 0,13^{d}	2,83 ± 0,44^{b}	2,88 ± 0,31^{b}	2,55 ± 0,58^{c}	3,12 ± 0,58^{a}
Ác. Oleico C18:1	75,13 ± 2,84^{c}	74,85 ± 2,15^{c}	76,41 ± 2,44^{bc}	78,09 ± 3,54^{a}	77,87 ± 3,05^{ab}
Ác. Linoleico C18:2	7,61 ± 1,23^{a}	5,39 ± 1,06^{bc}	6,19 ± 1,71^{b}	4,45 ± 1,00^{d}	5,01 ± 2,09^{cd}
Ác. Linolénico C18:3	0,53 ± 0,06^{b}	0,67 ± 0,08^{a}	0,68 ± 0,15^{a}	0,70 ± 0,14^{a}	0,66 ± 0,08^{a}
Ác. Araquídico C20:0	0,38 ± 0,02^{b}	0,41 ± 0,03^{ab}	0,40 ± 0,04^{ab}	0,40 ± 0,07^{ab}	0,41 ± 0,07^{a}
Ác. Gadoleico C20:1	0,28 ± 0,04^{a}	0,24 ± 0,02^{b}	0,29 ± 0,02^{a}	0,28 ± 0,04^{a}	0,28 ± 0,04^{a}
Ác. Behénico C22:0	0,12 ± 0,01	0,11 ± 0,01	0,11 ± 0,01	0,12 ± 0,01	0,14 ± 0,18
Ác. Lignocérico C22:1	0,05 ± 0,00^{c}	0,06 ± 0,01^{a}	0,05 ± 0,00^{bc}	0,06 ± 0,01^{a}	0,06 ± 0,01^{ab}
Saturados	15,12 ± 1,40^{b}	17,51 ± 1,49^{a}	15,46 ± 1,00^{b}	15,21 ± 2,21^{b}	14,97 ± 1,23^{b}
Insaturados	84,98 ± 2,17^{a}	82,41 ± 1,47^{b}	84,55 ± 1,67^{a}	84,65 ± 2,92^{a}	84,71 ± 2,31^{a}

Letras diferentes entre los valores de una misma fila reflejan diferencias significativas (P<0,05)

Tabla 4.8. Composición en triglicéridos de los aceites monovarietales elaborados con las variedades de olivo cultivados en la *DOP Aceite de la Alcarria*. Los valores reflejan las medias y la desviación típica de las muestras recogidas tanto en envero como maduras.

	Arbequina	***Castellana***	***Gordera***	***Manzanilla***	***Martín Galgo***
LLL	nd	0,86 ± 1,13	0,13 ± 0,00	0,26 ± 0,01	nd
OLLn	0,49 ± 0,01	0,60 ± 0,28	0,51 ± 0,01	0,39 ± 0,01	0,40 ± 0,01
PLLn	nd	0,38 ± 019	0,24 ± 0,00	0,21 ± 0,04	nd
OLL	3,55 ± 0,22	2,46 ± 0,69	3,75 ± 1,14	2,14 ± 0,68	2,19 ± 0,47
OLnO+PLL	2,56 ± 0,24	2,53 ± 0,41	2,51 ± 0,14	2,66 ± 0,31	2,46 ± 0,11
OLO	18,11 ± 1,27	13,98 ± 1,28	18,58 ± 1,14	13,96 ± 2,42	14,58 ± 0,99
SLL+PLO	8,63 ± 0,19	7,53 ± 1,29	8,07 ± 0,65	6,17 ± 0,93	6,02 ± 0,62
PPL	1,46 ± 0,41	1,03 ± 0,33	0,90 ± 0,22	0,83 ± 0,06	0,85 ± 0,05
OOO	35,87 ± 0,88	35,45 ± 2,61	35,09 ± 2,54	39,86 ± 1,50	39,65 ± 2,59
POO	21,97 ± 2,13	25,96 ± 1,88	20,99 ± 1,30	24,36 ± 3,20	24,67 ± 0,79
PPO	3,51 ± 0,15	4,61 ± 0,34	3,23 ± 0,10	4,22 ± 0,60	3,05 ± 0,28
PPP	nd	nd	nd	nd	nd
SOO	3,28 ± 0,14	4,62 ± 0,37	5,01 ± 0,96	4,09 ± 0,52	5,34 ± 0,29
POS+SLS	0,85 ± 0,09	1,28 ± 0,21	1,22 ± 0,30	1,02 ± 0,24	1,01 ± 0,05
Suma	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

LLL: trilinoleína; OLLn: oleolinoleolinolenina; PLLn: palmitolinoleolinolenina; OLL: oleodilinoleína; OLnO: dioleolinolenina; PLL: dipalmitolinolenina; OLO: dioleolinoleína; SLL: dilinoleinestearina; PLO: palmitolinoleinoleína; PPL: dipalmitolinoleina; OOO: trioleína; POO: palmitodioleína; PPO: dipalmitooleína; PPP: tripalmitina; SOO: estearodioleína; POS: palmitoestearooleína; SLS: diestearolinoleína.

El principal triglicérido presente en el aceite de oliva virgen es la trioleína (OOO), en la que los tres ácidos grasos que integran el triglicérido es el ácido oleico (Aranda *et al.*, 2004; Yorulmaz *et al.*, 2014). Esto mismo sucede en todos los aceites de oliva virgen monovarietales elaborados con las variedades de olivo cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria*, donde se alcanzan valores por encima del 35% del total de triglicéridos. Los aceites de oliva virgen con la mayor proporción de trioleína son los elaborados con las variedades *Martín Galgo* (39,65 %) y *Manzanilla* (39,86 %), lo que se corresponde con el mayor contenido en ácido oleico. Este compuesto mayoritario del aceite de oliva puede participar en sus efectos beneficiosos para la salud, puesto que se ha visto que puede proteger a las células endoteliales frente a la exposición a las lipoproteínas de baja densidad (LDL), y que presenta propiedades antiinflamatorias y antioxidantes (Luo *et al.*, 2014).

Por otro lado, el mayor contenido en ácido palmítico de los aceites monovarietales de *Castellana* se traduce en una mayor proporción de palmitodioleína (POO), alcanzando un 25,96% del total de triglicéridos. Este compuesto es el segundo triglicérido más abundante de los aceites de oliva virgen, debido a que en su composición se incluye el ácido palmítico en la posición 1 de la molécula de glicerol, siendo este el ácido graso saturado más abundante del aceite de oliva virgen.

También se pueden apreciar diferencias en la dioleolinoleína (OLO), en el que se incluyen 2 moléculas de ácido oleico y una de ácido linoleico en posición central. En este caso, las mayores proporciones se encuentran en los aceites monovarietales de *Gordera* (18,58%) y *Arbequina* (18,11%), correspondiendo con aquellas variedades con un mayor contenido en ácido linoleico.

En general, cada aceite monovarietal muestra un patrón diferente con respecto al contenido en triglicéridos, que suele estar directamente relacionado con su contenido en ácidos grasos.

4.2.1.3. COMPOSICIÓN EN ESTEROLES

Además de su perfil saludable en ácidos grasos con el predominio de los insaturados, el aceite de oliva virgen contiene otros micronutrientes naturales de interés que son los esteroles. Estos son bien conocidos por sus propiedades bioactivas, que aportan beneficios

a la salud, entre las que se incluyen una reducción en la absorción de colesterol, y una potencial contribución a la prevención de la diabetes o distintos tipos de cáncer (García-Pérez *et al.*, 2017; Shahzad *et al.*, 2017; Ferguson *et al.*, 2018). Además, la composición en esteroles y alcoholes en los aceites suele emplearse como herramienta para detectar su adulteración, o diferenciar entre diferentes variedades de olivo (Lukic *et al.*, 2013; Skiada *et al.*, 2020).

El Reglamento (CE) nº 702/2007 de la Comisión Europea indica que los aceites de oliva vírgenes deben superar el valor de 1000 mg/kg, en cuanto al contenido en esteroles totales (CE, 2007). En la figura 4.12 se muestra el contenido en esteroles totales, de cada uno de los aceites de oliva virgen monovarietales, elaborados con las variedades de olivo cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria.*

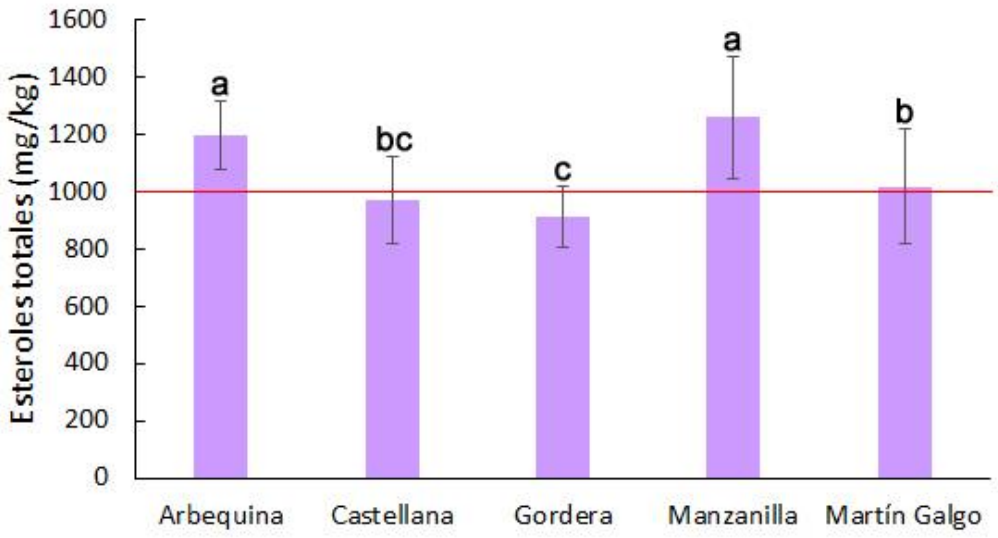


Figura 4.12. Valor medio del contenido en esteroles totales, de cada uno de los aceites de oliva virgen monovarietales, elaborados con las variedades de olivo cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria*. La línea roja indica el límite mínimo establecido por el Reglamento (CE) nº 702/2007 de la Comisión Europea para los aceites de oliva virgen extra

El valor límite establecido por el Reglamento sólo es superado ampliamente por las variedades *Manzanilla* (1.257 mg/kg) y *Arbequina* (1.197 mg/kg). En el caso de la variedad *Martín Galgo* (1017 mg/kg), los aceites presentan un valor medio ligeramente superior,

aunque generalmente pueden encontrarse aceites elaborados a partir de esta variedad que no superan dicho límite. Finalmente, los aceites de oliva virgen, elaborados con aceitunas de las variedades *Castellana* y *Gordera,* tienen un contenido medio en esteroles totales inferior al límite, 968 y 909 mg/kg, respectivamente. Esto no quiere decir que estos aceites de oliva virgen monovarietales no tengan las propiedades de los aceites de oliva virgen extra, sino que este menor contenido en esteroles totales parece ser una característica intrínseca de los mismos.

En la tabla 4.9 se muestra el contenido en los diferentes esteroles presentes en cada uno de los aceites de oliva virgen monovarietales, elaborados con las variedades de olivo cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria*.

Tabla 4.9. Composición en esteroles de los aceites monovarietales elaborados con las variedades de olivo cultivados en la *DOP Aceite de la Alcarria*. Los valores reflejan las medias y la desviación típica de las muestras recogidas tanto en envero como maduras, durante 4 campañas oleícolas consecutivas.

	Arbequina	***Castellana***	***Gordera***	***Manzanilla***	***Martín Galgo***
Colesterol	0,16 ± 0,05^{b}	0,20 ± 0,07^{a}	0,23 ± 0,06^{a}	0,19 ± 0,03^{ab}	0,23 ± 0,10^{a}
Brasicasterol	0,10 ± 0,00	0,10 ± 0,00	0,10 ± 0,00	0,10 ± 0,00	0,10 ± 0,00
Campesterol	3,26 ± 0,33^{a}	2,89 ± 0,17^{b}	3,27 ± 0,63^{a}	2,56 ± 0,28^{c}	3,11 ± 0,30^{a}
Estigmasterol	0,56 ± 0,06^{c}	0,76 ± 0,20^{b}	1,16 ± 0,44^{a}	0,52 ± 0,10^{c}	0,84 ± 0,22^{b}
β-*sitosterol aparente*	94,74 ± 0,56^{b}	95,31 ± 1,19^{b}	93,89 ± 0,97^{d}	95,46 ± 0,63^{a}	94,36 ± 0,65^{c}
Δ-*7-Estigmastenol*	0,21 ± 0,13^{b}	0,33 ± 0,11^{a}	0,31 ± 0,09^{a}	0,32 ± 0,12^{a}	0,29 ± 0,12^{a}
Eritrodiol+ Uvaol	1,25 ± 0,17^{c}	2,24 ± 0,41^{a}	1,69 ± 0,68^{bc}	1,78 ± 0,73^{b}	1,73 ± 1,21^{bc}
Esteroles totales (mg/kg)	1197 ± 120^{a}	968 ± 151^{bc}	909 ± 106^{c}	1258 ± 214^{a}	1018 ± 199^{b}

Letras diferentes entre los valores de una misma fila reflejan diferencias significativas (P<0,05)

El perfil de esteroles del aceite de oliva se caracteriza por su elevado contenido en β-sitosterol aparente (compuesto por la suma de β-sitosterol, Δ-5-avenasterol, Δ-5-23-estigmastadienol, clerosterol, sitostanol y Δ-5-24-estigmastadienol), que debe representar más de un 93% de los esteroles totales. Entre los aceites de oliva virgen monovarietales elaborados con aceitunas de las variedades cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria*, los que presentan un mayor porcentaje en β-sitosterol aparente son los de *Manzanilla* (95,46%), seguidos por los de *Castellana* (95,31%) y *Arbequina* (94,74%), que no muestran diferencias significativas entre ellas. El porcentaje más bajo lo muestran los aceites de oliva virgen de *Martín Galgo* (94,36%), y finalmente los de *Gordera* (93,89%), todos ellos con un porcentaje mayor que el exigido por el Reglamento (CE) nº 702/2007 (CE, 2007).

En relación al contenido en campesterol, los aceites de oliva virgen monovarietales procedentes de las variedades *Arbequina* (3,25%), *Gordera* (3,27%) y *Martín Galgo* (3,11%), son los que presentan los mayores valores, sin que se puedan establecer diferencias significativas entre ellas. Valores menores presentan los aceites de oliva virgen procedentes de las variedades *Castellana* (2,89%) y *Manzanilla* (2,56%). Hay que destacar que algunos aceites de oliva virgen monovarietales elaborados a partir de aceitunas de la variedad *Gordera* superaron el 4% de campesterol, límite máximo establecido por la Reglamentación Europea (CE, 2007) para los aceites de oliva. Esto mismo sucede con los aceites de oliva virgen elaborados a partir de otras variedades de olivo cultivadas en Castilla-La Mancha, caso de *Benizal* en los Campos de Hellín (Albacete) (Pardo *et al.*, 2013), y de *Cornicabra* en el Campo de Montiel (Ciudad Real) (Pardo *et al.*, 2007) y en los Montes de Alcaraz (Albacete) (Pardo *et al.* 2011a), lo que parece ser una característica intrínseca de los mismos

4.2.1.4. PARÁMETROS DE ESTABILIDAD

Dentro de este apartado se incluyen aquellos compuestos que pueden influir en la estabilidad oxidativa de los aceites, debido a sus propiedades antioxidantes, como son los compuestos fenólicos y los tocoferoles. Este parámetro, aunque no es un indicativo de calidad de los aceites, tiene gran importancia, puesto que determina la vida útil de éstos.

La estabilidad oxidativa de un aceite mide su resistencia al enranciamiento. Este proceso consiste en una serie consecutiva de reacciones de oxidación de los ácidos grasos que comienzan donde se encuentra un doble enlace, por lo que la estabilidad oxidativa depende en gran medida del perfil de ácidos grasos de los aceites, siendo, en general, menor cuanto mayor porcentaje de ácidos grasos insaturados o poliinsaturados presenta el aceite. Sin embargo, este valor también depende del contenido en antioxidantes naturales, entre los que destacan los polifenoles y los tocoferoles, que pueden retrasar las reacciones conducentes al enranciamiento de los aceites, alargando su vida útil. En el caso de los aceites de oliva virgen monovarietales, elaborados con aceitunas de las variedades cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria*, los que presentan una mayor estabilidad oxidativa son los de *Manzanilla* y *Castellana* (Fig. 4.13).

La estabilidad oxidativa de los aceites puede verse influida por ciertos compuestos con actividad antioxidante. Dentro de estos se encuentran una serie de sustancias de origen vegetal, los compuestos fenólicos, que son unos de los principales metabolitos secundarios de las plantas. Los aceites de oliva presentan una gran variedad de compuestos fenólicos, dentro de los que se incluyen alcoholes fenólicos, ácidos fenólicos, flavonoides y otros compuestos. Aunque son compuestos minoritarios en relación con el contenido total del aceite, son responsables de muchas de sus características nutricionales y sensoriales (Franco *et al.*, 2014). Además, se ha relacionado su presencia con los efectos positivos en la salud que se le suponen a la dieta mediterránea, debido a sus efectos protectores contra enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas y antiproliferativas (Owen *et al.*, 2000; Paiva-Martins *et al.*, 2010).

Los aceites de oliva virgen que presentan una mayor proporción de compuestos fenólicos totales dentro de los evaluados han sido los de *Castellana* y *Manzanilla*. Los primeros mostraron un valor medio de 434,25 mg/kg (Fig. 4.13), considerando las muestras recogidas tanto en envero como maduras, durante las 4 campañas oleícolas consecutivas. Aunque este valor es menor que el encontrado en otras variedades de olivo cultivadas tradicionalmente en Castilla-La Mancha, caso de *Picual* o *Cornicabra* (Pardo *et al.*, 2011a; Pardo *et al.*, 2012; Pardo *et al.*, 2013), supera al de otros aceites de oliva virgen elaborados con variedades de aceitunas cultivadas en otras regiones oleícolas españolas.

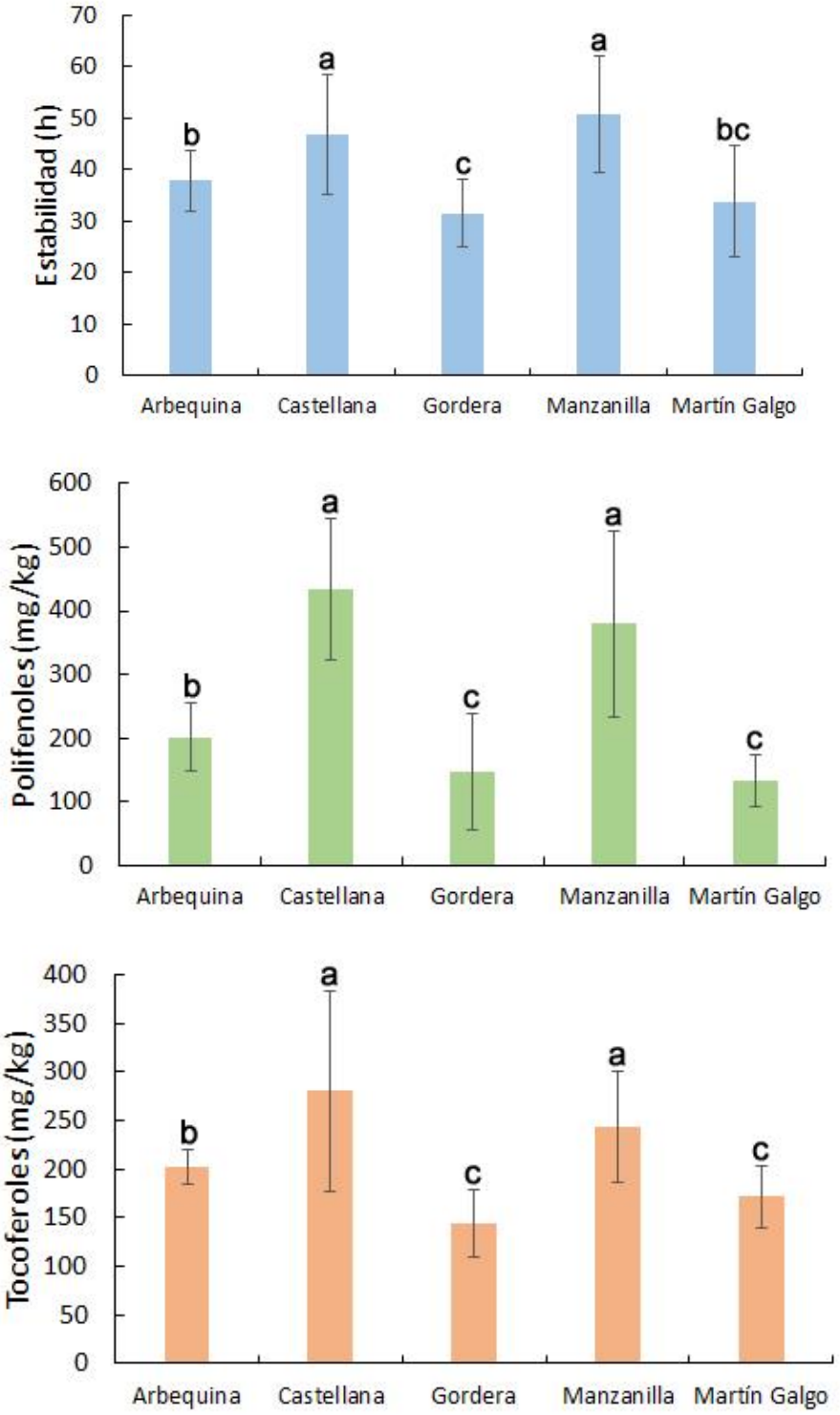


Figura 4.13. Valores medios de estabilidad oxidativa (horas), compuestos fenólicos (mg/kg) y tocoferoles (mg/kg) de los aceites de oliva virgen monovarietales, elaborados con aceitunas de las variedades cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria*. Letras diferentes en el mismo gráfico indican diferencias significativas (P<0,05)

El menor contenido en polifenoles totales se encuentra en los aceites de oliva virgen elaborados con aceitunas de las variedades *Gordera* (147,00 mg/kg) y *Martín Galgo* (132,83 mg/kg), lo que les hace más suaves sensorialmente, con intensidades bajas de los atributos picante y amargo.

Otros compuestos de gran importancia presentes en los aceites vegetales son los distintos isómeros de tocoferoles y tocotrienoles, que componen la vitamina E. Estos compuestos han adquirido una gran atención debido a su potente capacidad antioxidante, relacionado con la prevención de enfermedades asociados con la edad como el Alzheimer (Azzi, 2018). El contenido en tocoferoles sigue un patrón similar al observado para los compuestos fenólicos (Fig. 4.13). Los aceites de oliva virgen elaborados a partir de las variedades *Castellana* (280,29 mg/kg) y *Manzanilla* (242,96 mg/kg) presentan los valores superiores, seguidos de *Arbequina* (202,38 mg/kg) y, por último, de *Martín Galgo* (171,61 mg/kg) y de *Gordera* 144,23 mg/kg).

Todos estos datos apuntan hacia una mayor capacidad antioxidante de los aceites de oliva virgen elaborados a partir de aceitunas de las variedades *Castellana* y *Manzanilla*.

4.2.1.5. PARÁMETROS DE CALIDAD SENSORIAL REGLAMENTADA

En la tabla 4.10 se muestran los resultados obtenidos con respecto a los atributos sensoriales positivos evaluados y la clasificación Panel Test de los aceites de oliva virgen monovarietales, elaborados con las variedades de olivo cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria.*

Con respecto al atributo frutado, y según el Reglamento CE/640/2008 (CE, 2008), se podría hablar de frutado medio en todas las muestras de aceite de oliva virgen analizadas (intensidad de frutado entre 3 y 6) en las 4 campañas oleícolas consideradas. Los aceites de oliva virgen elaborados con aceitunas de la variedad *Arbequina* han sido los que han presentado niveles más altos de frutado, aunque solamente se han diferenciado significativamente de los aceites de la variedad *Martín Galgo,* que han sido los que han presentado los valores más bajos.

Tabla 4.10. Atributos sensoriales positivos evaluados y clasificación Panel Test de los aceites monovarietales elaborados con las variedades de olivo cultivados en la *DOP Aceite de la Alcarria*. Los valores reflejan las medias y la desviación típica de las muestras recogidas tanto en envero como maduras, durante 4 campañas oleícolas consecutivas.

	Arbequina	***Castellana***	***Gordera***	***Manzanilla***	***Martín Galgo***
Frutado (0-10)	$4,6 \pm 0,5^{a}$	$4,0 \pm 0,7^{ab}$	$4,2 \pm 0,6^{a}$	$4,4 \pm 0,3^{a}$	$3,6 \pm 0,5^{b}$
Amargo > 5	0%	6,7%	0%	0%	0%
Picante > 5	0%	80%	0%	100%	0%
Clasificación	AOVE	AOVE/AOV	AOVE	AOVE	AOVE
Panel Test	100%	91,7%/8,3%	100%	100%	100%

Letras diferentes en una misma fila indican diferencias significativas (P<0,05)

AOVE: Aceite de Oliva Virgen Extra; AOV: Aceite de Oliva Virgen

Los atributos positivos amargo y picante han sido de gran interés a la hora de discriminar entre las distintas variedades de olivo cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria*. En relación al atributo amargo, tan solo el 6,7% de las muestras de aceite de oliva virgen de la variedad principal, *Castellana*, cuyas aceitunas se recolectaron en el estado de envero, mostraron valores del atributo amargo por encima de 5.

En cuanto al atributo picante, el 80% de los aceites de oliva virgen de la variedad *Castellana* y el 100% de los de la variedad *Manzanilla* han presentado niveles altos, por encima de 5. Por contra, ninguna de las muestras de aceite de oliva virgen elaborados con aceitunas de las variedades *Arbequina*, *Gordera* y *Martín Galgo*, ha mostrado niveles por encima de 5 de los atributos amargo y picante en ninguna de las campañas oleícolas consideradas.

En base a las intensidades de amargo y picante, los aceites de oliva virgen procedentes de las variedades de aceituna cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria* se pueden clasificar en tres grupos:

- Variedades que no amargan ni pican: *Arbequina*, *Gordera* y *Martín Galgo*.
- Variedades que no amargan, pero siempre pican: *Manzanilla*.

- Variedades que pueden amargar en el estado de envero y pican, habitualmente, tanto en envero como maduras: *Castellana*.

Con respecto a la clasificación Panel Test, el 100% de los aceites de oliva virgen elaborados con aceitunas de las variedades de olivo *Arbequina*, *Gordera*, *Manzanilla* y *Martín Galgo*, y el 91,7% de los de *Castellana*, han sido catalogados como "virgen extra" (AOVE), según determina el Reglamento CE/640/2008 (CE, 2008), ya que la mediana de los defectos ha sido igual a 0 y la mediana del atributo frutado superior a 0.

El 8,3% restante de los aceites de oliva virgen de la variedad *Castellana* han sido catalogados como "virgen" (AOV), ya que la mediana de los defectos ha sido superior a 0 e inferior o igual a 3,5 y la mediana del atributo frutado superior a 0. Estas últimas muestras procedían de aceitunas maduras, por lo que las causas se explicarán más adelante, en la comparativa entre aceites elaborados con aceitunas en envero y aceitunas maduras.

4.2.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS ACEITES DE OLIVA VIRGEN MONOVARIETALES DE LA *DOP ACEITE DE LA ALCARRIA* EN FUNCIÓN DEL ESTADO DE MADURACIÓN DE LAS ACEITUNAS

Además de la variedad, las características del aceite de oliva virgen también pueden variar en función del estado de madurez de las aceitunas al recolectarlas. Durante el proceso de maduración, se producen una serie de rutas metabólicas, que pueden modificar la composición del aceite contenido en la aceituna, dando lugar a cambios en la composición de ácidos grasos, el contenido en compuestos fenólicos, su capacidad antioxidante o ciertos parámetros de calidad (Bakhouche *et al.*, 2015).

En un primer análisis, es posible encontrar diferencias en los aceites elaborados con aceitunas en diferentes estados de madurez, como se puede apreciar con las muestras de aceite de oliva virgen de la variedad *Castellana*, elaboradas a partir de aceitunas en envero y maduras, en la campaña oleícola 2015-2016 (Fig. 4.14). Sin embargo, en muchos casos las diferencias en los parámetros fisicoquímicos no son significativas, dando lugar a aceites con características muy similares.

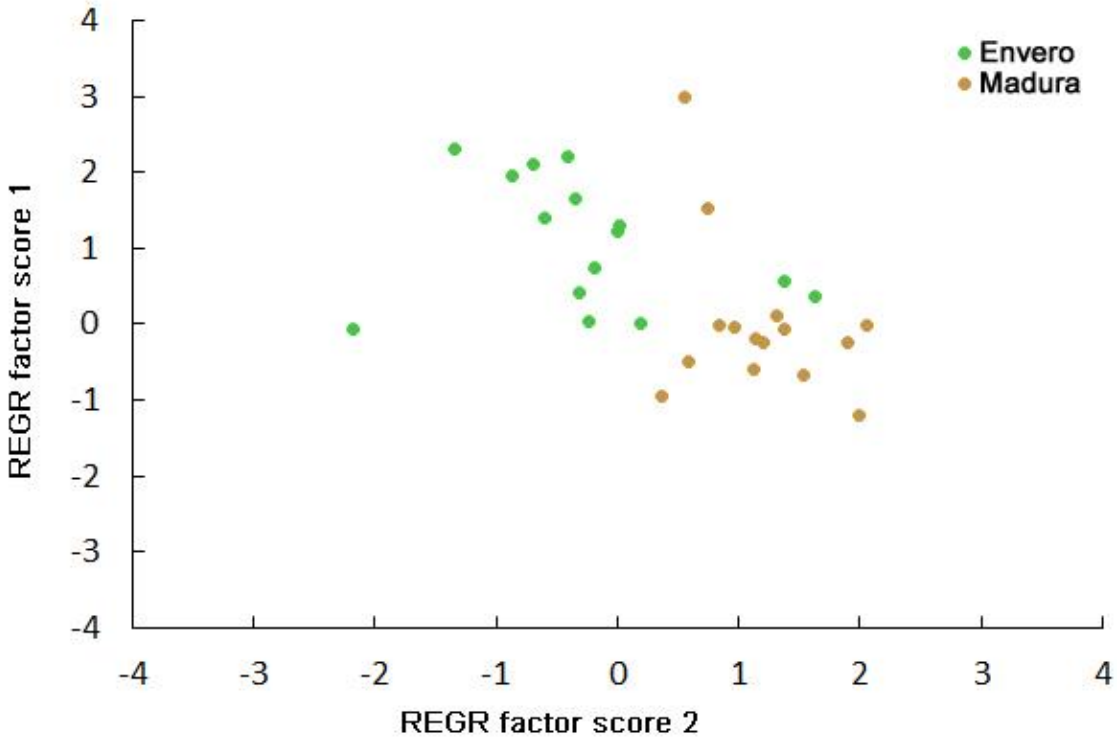


Figura 4.14. Análisis de Componentes Principales con los parámetros fisicoquímicos, de los aceites de la variedad *Castellana*, elaborados en la campaña oleícola 2015-2016

4.2.2.1. PARÁMETROS DE CALIDAD FISICOQUÍMICA REGLAMENTADA

El estado de madurez de la aceituna puede influir en los parámetros de calidad fisicoquímica reglamentada de los aceites, puesto que especialmente las aceitunas maduras son más sensibles a sufrir daños mecánicos o infecciones de patógenos, además de sufrir un incremento en la actividad enzimática, que puede originar mayores valores en la acidez del aceite (Franco *et al.*, 2015).

Las aceitunas en un estado de madurez superior también pueden deteriorarse o sufrir procesos fermentativos durante su almacenamiento, lo cual puede originar defectos en los aceites elaborados. En el caso de los aceites de oliva virgen elaborados con aceitunas de las variedades de olivo cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria*, las diferencias en los parámetros de acidez, índice de peróxidos y medidas espectrofotométricas (K_{232} y K_{270}) no varían en gran medida en función del estado de madurez de éstas (Tabla 4.11).

Tabla 4.11. Valores de los parámetros de calidad fisicoquímica reglamentada de los aceites de oliva virgen elaborados con aceitunas de las variedades de olivo cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria*, en estado de envero y maduras. Los datos muestran el valor medio y la desviación típica de los aceites a lo largo de 4 campañas oleícolas consecutivas.

Variedad	Estado	*Acidez (º)*	*Índice de Peróxidos ($mEqO_2/kg$)*	K_{232}	K_{270}
Arbequina	Envero	0,10 ± 0,01	4,44 ± 1,38	1,54 ±0,09	0,09 ± 0,01
	Madura	0,11 ± 0,02	4,34 ± 0,75	1,46 ± 0,07	0,08 ± 0,01
Castellana	Envero	0,12 ± 0,03	5,00 ± 1,19	1,70 ± 0,11	0,13 ± 0,02
	Madura	0,15 ± 0,05	5,18 ± 1,36	1,56 ± 0,10	0,10 ± 0,02
Gordera	Envero	0,14 ± 0,05	5,37 ± 1,35	1,64 ± 0,17	0,12 ± 0 07
	Madura	0,28 ± 0,08	5,36 ± 1,48	1,43 ± 0,09	0,09 ± 0,02
Manzanilla	Envero	0,12 ± 0,02	5,38 ± 1,16	1,63 ± 0,13	0,14 ± 0,02
	Madura	0,19 ± 0,03	6,30 ± 2,79	1,79 ± 0,27	0,14 ± 0,01
Martín Galgo	Envero	0,18 ± 0,04	5,56 ± 0,60	1,41 ± 0,16	0,13 ± 0,06
	Madura	0,26 ± 0,10	8,58 ± 6,33	1,58 ± 0,29	0,17 ± 0,16

En las variedades *Arbequina*, *Castellana* y *Manzanilla* se observan pequeños incrementos en la acidez en los aceites elaborados con aceitunas maduras, aunque no son estadísticamente significativos. Por el contrario, en las variedades *Gordera* y *Martín Galgo*, estas diferencias son mayores, poniendo de manifiesto la importancia de una cosecha más temprana si se quieren obtener aceites de la máxima calidad.

Los valores del índice de peróxidos, mediante el que se evalúa el estado de oxidación inicial en el aceite, muestra un patrón similar al obtenido para la acidez. En este caso, las diferencias son especialmente significativas en la variedad *Martín Galgo*, en el que los aceites elaborados con aceitunas maduras muestran los mayores valores de todos los aceites analizados.

Los mayores valores en el índice de peróxidos pueden ser el resultado de ciertas reacciones fermentativas que pueden tener lugar en las aceitunas una vez recolectadas.

Los valores de las medidas espectrofotométricas K_{232} y K_{270}, que suelen ser otra medida de calidad de los aceites de oliva, y que miden dienos y trienos conjugados y sus productos de oxidación secundarios, no suelen tener una relación clara con respecto a la maduración de las aceitunas (Franco *et al.*, 2015; Navajas-Porras *et al.*, 2020). Estudios previos han observado una disminución en el valor de K_{232} en aceites elaborados, según avanza el estado de madurez, al igual que se observa en las variedades *Arbequina, Castellana* y *Gordera*. Sin embargo, en las variedades *Manzanilla* y *Martín Galgo,* se observa la tendencia contraria. Con respecto al K_{270}, no se observan diferencias significativas en ninguno de los casos.

En general, cuando se consideran los parámetros relacionados con la calidad de los aceites, las aceitunas en un estado de madurez más temprano muestran mejores valores, principalmente en cuanto a la acidez y en el índice de peróxidos. En cualquier caso, los valores obtenidos en todos los parámetros de calidad fisicoquímica reglamentada evaluados están muy por debajo de los límites establecidos por la legislación vigente (acidez $\leq 0{,}8^{o}$; índice de peróxidos ≤ 20 meq O_2/kg; $K_{270} \leq 0{,}22$; $K_{232} \leq 2{,}5$) (CE, 2008), por lo que todos los aceites de oliva virgen analizados, tanto los elaborados con aceitunas en estado de envero como los de aceitunas maduras, obtendrían la calificación de aceite de oliva virgen extra.

4.2.2.2. PARÁMETROS DE CALIDAD SENSORIAL REGLAMENTADA

En la tabla 4.12 se muestran los resultados obtenidos con respecto a los atributos sensoriales positivos evaluados y la clasificación Panel Test de los aceites de oliva virgen monovarietales, elaborados con aceitunas de las variedades de olivo cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria,* en estado de envero y maduras.

En todas las campañas oleícolas consideradas, todas las muestras de aceite de oliva virgen analizadas, procedentes de aceitunas recolectadas en el estado de envero, se han catalogado dentro de la categoría “virgen extra”, según determina el Reglamento CE/640/2008 (CE, 2008), ya que la mediana de los defectos ha sido igual a 0 y la mediana del atributo frutado superior a 0.

Tabla 4.12. Atributos sensoriales positivos evaluados y clasificación Panel Test de los aceites monovarietales, elaborados con aceitunas de las variedades de olivo cultivados en la *DOP Aceite de la Alcarria*, en estado de envero y maduras. Los valores reflejan las medias y la desviación típica de las muestras recogidas durante 4 campañas oleícolas consecutivas.

	Frutado (0-10)	***Amargo* > 5 (%)**	***Picante* > 5 (%)**	***Clasificación Panel Test (%)***
Arbequina (envero)	$4,4 \pm 0,2^{a}$	0	0	AOVE (100)
Arbequina (madura)	$4,8 \pm 0,3^{a}$	0	0	AOVE (100)
Castellana (envero)	$4,4 \pm 0,2^{a}$	13,4	80	AOVE (100)
Castellana (madura)	$3,6 \pm 0,4^{b}$	0	80	AOVE (91,7)/ AOV (8,3)
Gordera (envero)	$4,5 \pm 0,5^{a}$	0	0	AOVE (100)
Gordera (Madura)	$3,9 \pm 0,3^{b}$	0	0	AOVE (100)
Manzanilla (envero)	$4,9 \pm 0,4^{a}$	0	100	AOVE (100)
Manzanilla (madura)	$3,9 \pm 0,3^{b}$	0	100	AOVE (100)
Martín Galgo (envero)	$3,6 \pm 0,3^{b}$	0	0	AOVE (100)
Martín Galgo (madura)	$3,7 \pm 0,2^{b}$	0	0	AOVE (100)

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas ($P<0,05$)

AOVE: Aceite de Oliva Virgen Extra; AOV: Aceite de Oliva Virgen

Con respecto a las muestras de aceite de oliva virgen analizadas, procedentes de aceitunas de la variedad *Cornicabra* recolectadas en el estado maduro, el 91,7% se catalogaron dentro de la categoría "virgen extra", mientras que el resto, 8,3%, se catalogaron dentro de la categoría "virgen", ya que la mediana de los defectos ha sido superior a 0 e inferior o igual a 3,5 y la mediana del atributo frutado superior a 0. Este hecho sorprende dado que la

materia prima se encontraba en perfectas condiciones sanitarias y el proceso de elaboración fue óptimo. Este hecho sólo ocurrió en la campaña oleícola 2015/16, lo que nos llevó a aconsejar a los productores de la *DOP Aceite de la Alcarria*, la recolección temprana de las aceitunas de dicha variedad. En cambio, en las siguientes campañas oleícolas, todas las muestras se catalogaron como "virgen extra", debido probablemente a que, aunque la recolección tuvo lugar en las mismas fechas, la maduración de las aceitunas iba más retrasada, debido a la mayor pluviometría anual (2015= 183,12 mm; 2016= 444,11 mm; 2017= 266,61 mm; 2018= 599,17 mm), ya que la temperatura media anual fue similar en todas las campañas (2015= 12,22ºC; 2016= 11,98ºC; 2017= 11,90ºC; 2018= 11,36ºC) (SiAR, 2020).

Con respecto al atributo frutado, su intensidad disminuye conforme avanza la maduración de las aceitunas, aunque solo de forma significativa en las variedades *Castellana*, *Gordera* y *Manzanilla*.

En relación al atributo amargo, tan solo el 13,4% de las muestras de aceite de oliva virgen de la variedad *Castellana*, cuyas aceitunas se habían recolectado en el estado de envero, mostraron valores por encima de 5. Conforme maduran las aceitunas, desaparece el amargo de los aceites elaborados.

La variedad *Castellana* también se ha caracterizado por presentar niveles altos, por encima de 5, del atributo picante, tanto en el estado de envero como en estado maduro, en un porcentaje del 80%. Este porcentaje sólo ha sido superado por la variedad *Manzanilla*, pues todas las muestras de aceite analizadas presentaban intensidad alta de dicho atributo. Se entiende, por tanto, que valores altos del atributo picante es una característica intrínseca de las variedades *Manzanilla* y *Castellana.*

4.2.2.3. ANÁLISIS SENSORIAL DESCRIPTIVO DE ACEITES DE OLIVA VIRGEN EXTRA MONOVARIETALES

Se ha realizado un perfil sensorial descriptivo de los aceites de oliva vírgenes monovarietales elaborados con aceitunas de las variedades de olivo cultivadas en la *DOP*

Aceite de la Alcarria, en dos momentos de maduración diferentes de sus frutos, envero y madura. Los resultados obtenidos han sido los siguientes:

Variedad Arbequina (envero)

Frutado medio de aceitunas verdes y maduras, con notas de plátano, manzana e hinojo, así como florales y a vainilla. En boca, de entrada, es dulce, dejando fondo a plátano y frutas rojas, con ligero amargor y picor medio, siendo la sensación final a frutos secos como el pistacho.

Variedad Arbequina (madura)

Frutado medio de aceitunas maduras. Presenta notas a plátano y pera madura, notas aromáticas como el hinojo, florales, y a vainilla y canela. En boca, al principio es dulce, apareciendo notas a frutos secos y a frutas maduras; el amargor es casi imperceptible y el picor ligero-medio, siendo su paso por boca fluido, no presentando persistencia prolongada.

Variedad Castellana (envero)

Frutado de aceitunas verdes de intensidad media, con recuerdos a hierba, plátano y almendra verde, y un fondo de plantas aromáticas y herbáceas. En boca presenta un ligero amargor y un picante en progresión que alcanza un nivel medio-alto, dejando regusto a fruto seco y persistencia debido al picor.

Variedad Castellana (madura)

Frutado de aceitunas verdes y maduras de intensidad media-baja, con olor a hoja de olivo, tomatera, verduras, frutos secos y fondo a heno. En boca aparece dulzor al principio, un ligero amargor y un picor en progresión de nivel medio; el final de boca es a fruto seco con un fondo de fruta madura.

Variedad Gordera (envero)

Frutado de aceitunas verdes de intensidad media. Presenta notas a hierba, alcachofa y plátano verde, también se manifiesta un fondo a fruta madura, vainilla e hinojo. En boca es de entrada dulce, con bajo amargor y ligero picor, dejando un regusto a verduras y frutos secos.

Variedad Gordera (madura)

Frutado ligero de aceitunas maduras, con fondo a frutas y verduras sobremaduras que le confieren notas a agrio, recordando a la aceituna aderezada y flores marchitas. En boca es dulce, con bajo amargor y ligero picor, dejando una sensación de aceitunas pasadas de maduración y frutos secos no frescos.

Variedad Manzanilla (envero)

Frutado ligero-medio de aceitunas verdes con notas maduras. Aparecen notas a hierba, plátano y almendra verde, tomatera y un fondo de hoja de té y laurel. En boca se manifiestan las características apreciadas en nariz, con ligero amargor y picor medio-alto, dejando regusto a fruta madura y fruto seco.

Variedad Manzanilla (madura)

Frutado medio de aceitunas maduras, con notas a manzana y plátano, tomatera y vainilla; presenta un fondo de aceitunas sobremaduras y flores pasadas. De entrada, es dulce en boca, presenta un amargor ligero y un picor medio, dejando regusto a fruto seco.

Variedad Martín Galgo (envero)

Frutado de aceitunas verdes y maduras de intensidad ligera-media, presentando un fondo a plátano, flores del campo, verdura fresca y fruto seco. En boca es de entrada suave, dulce, con amargor casi imperceptible y picor ligero que desaparece rápido, un poco denso, deja regusto a fruto seco.

Variedad Martín Galgo (madura)

Frutado ligero de aceitunas maduras con fondo de verduras cocidas y frutas sobremaduras, presenta un ligero defecto de fruta agria. En boca resulta pastoso, con amargor y picor casi imperceptibles, aparecen notas a frutos secos y deja paladar a verdura cocida.

4.2.2.4. PARÁMETROS DE ESTABILIDAD

El estado de madurez de las aceitunas también puede influir en la estabilidad de los aceites, pues puede provocar cambios en ciertos compuestos con actividad antioxidante. Sin embargo, existe cierta controversia en relación con estos cambios. Por ejemplo, en el caso de los compuestos fenólicos, ciertos trabajos proponen que su contenido se incrementa con la madurez de las aceitunas (Gougoulias *et al.*, 2017), mientras que en otras ocasiones se propone que los compuestos fenólicos disminuyen, según avanza la maduración de las aceitunas (Deiana *et al.*, 2019). Estas contradicciones pueden estar relacionada con las diferentes variedades analizadas (Navajas-Porras *et al.*, 2020), si bien son más abundantes los estudios que establecen que los compuestos fenólicos disminuyen, según va avanzando el estado de madurez de las aceitunas (Bakhouche *et al.*, 2015; Franco *et al.*, 2015; Nsir *et al.*, 2017; Sicari, 2017; Navajas-Porras *et al.*, 2020).

En el caso de los aceites de oliva virgen, elaborados con aceitunas procedentes de variedades de olivo cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria*, en la variedad *Castellana*, que es la mayoritaria, se aprecia una disminución en el contenido en compuestos fenólicos conforme avanza el proceso de maduración (Fig. 4.15), aunque estos cambios no muestran diferencias significativas. En general, ninguna variedad muestra diferencias significativas en relación al contenido de compuestos fenólicos entre los aceites elaborados con aceitunas en envero o maduras, siendo más importantes las diferencias que pueden establecerse entre las variedades, que las debidas al estado de maduración de las aceitunas.

Los aceites de oliva virgen de la *DOP Aceites de la Alcarria* con un mayor contenido en polifenoles son los elaborados con la variedad *Castellana* en estado de envero, que pueden alcanzar valores de hasta 677,8 mg/kg, y un valor medio de las muestras, elaboradas a partir de aceitunas recogidas en estado de envero, durante las 4 campañas consecutivas, de 462,5

mg/kg. El valor máximo de los aceites de oliva virgen elaborados con aceitunas de la variedad *Manzanilla* en estado de envero es similar (677,2 mg/kg), aunque en esta variedad se ha encontrado una mayor variabilidad, resultando un valor medio menor (349,8 mg/kg). Por el lado contrario, los aceites de oliva virgen con un menor contenido en compuestos fenólicos son los elaborados a partir de aceitunas de la variedad *Martín Galgo* en estados más avanzados de maduración, con un valor medio de 126,0 mg/kg.

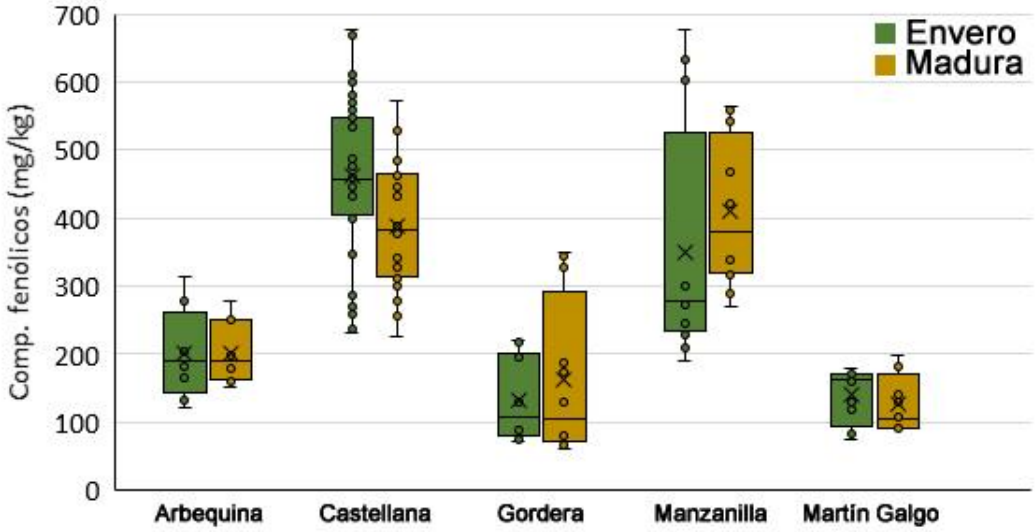


Figura 4.15. Contenido en compuestos fenólicos (mg/kg) de los aceites de oliva virgen elaborados a partir de aceitunas de las variedades cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria*. Los extremos de los bigotes muestran los máximos y los mínimos, mientras que la X representa los valores medios de los aceites elaborados durante 4 campañas consecutivas

En cuanto al contenido en tocoferoles, éste muestra un patrón similar, aunque las diferencias entre los aceites elaborados con aceitunas en envero y maduras son menores. Generalmente, se observa una disminución del contenido en tocoferoles en los aceites elaborados con aceitunas maduras, principalmente cuando se trata de la variedad *Castellana*, aunque esta diferencia no es estadísticamente significativa.

Estas pequeñas variaciones en los compuestos antioxidantes se reflejan también en una disminución de la estabilidad oxidativa de los aceites elaborados con aceitunas maduras,

que es más destacable en los aceites de la variedad *Castellana* (Fig. 4.16). Considerando que esta es la variedad mayoritaria, y la representativa de la *DOP Aceite de la Alcarria*, sería recomendable elaborar los aceites a partir de aceitunas en estados tempranos de maduración, desde el punto de vista de su capacidad antioxidante, con efectos positivos para la salud y su mayor estabilidad.

Las variedades que dan lugar a aceites de oliva virgen con una menor estabilidad son *Gordera* y *Martín Galgo*, independientemente del estado de maduración de las aceitunas.

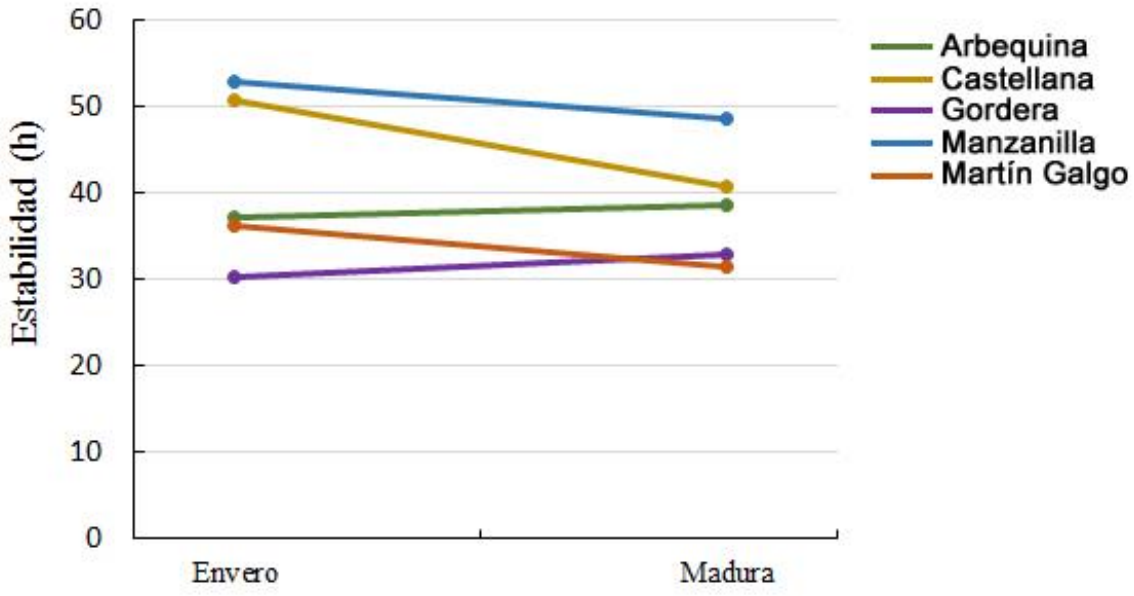


Figura 4.16. Evolución de la estabilidad oxidativa de los aceites de oliva virgen elaborados con aceitunas de las variedades de olivo cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria* en estado de envero y maduras. Los valores representan la media de las muestras recogidas durante 4 campañas consecutivas

4.2.2.5. COMPOSICIÓN EN ÁCIDOS GRASOS

El estado de maduración de las aceitunas puede tener ciertos efectos en la composición en ácidos grasos de los aceites. En estudios previos, se ha visto que aceites elaborados con aceitunas en estados de maduración más avanzados presentan un descenso en el contenido en ácido palmítico, el principal ácido graso saturado, y en ácido oleico, el principal ácido

graso monoinsaturado. Por el contrario, estos aceites experimentan un incremento en el ácido linoleico (Navajas-Porras *et al.*, 2020). Esta tendencia se aprecia en los aceites de oliva virgen elaborados con aceitunas que se cultivan en la *DOP Aceite de la Alcarria* (Tabla 4.13), generalmente en todas las variedades, aunque se producen cambios pequeños que no son significativos.

Tabla 4.13. Variación de la proporción de ácido palmítico, ácido oleico y ácido linoleico con el estado de maduración de las aceitunas, en los aceites de oliva virgen elaborados con aceitunas de las variedades de olivo cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria*. Los datos muestran el valor medio y la desviación típica de las muestras recogidas durante las 4 campañas consecutivas.

		Ác. Palmítico	*Ác. Oleico*	*Ác. Linoleico*
Arbequina	Envero	12,37 ± 1,58	75,31 ± 3,25	7,62 ± 1,34
	Madura	12,53 ± 1,16	74,95 ± 2,50	7,59 ± 1,16
Castellana	Envero	14,27 ± 1,71	75,25 ± 2,13	5,03 ± 0,98
	Madura	13,81 ± 0,88	74,21 ± 2,05	5,98 ± 0,92
Gordera	Envero	12,00 ± 0,99	77,38 ± 1,71	5,42 ± 1,02
	Madura	11,96 ± 0,93	75,74 ± 2,74	6,95 ± 1,94
Manzanilla	Envero	12,26 ± 1,99	78,17 ± 4,48	4,17 ± 1,31
	Madura	11,89 ± 1,17	78,00 ± 2,48	4,74 ± 0,43
Martín Galgo	Envero	11,25 ± 0,99	78,46 ± 2,65	5,15 ± 1,38
	Madura	11,14 ± 0,96	77,28 ±3,41	4,88 ± 2,68

Generalmente, la proporción de ácido oleico y ácido linoleico es inversamente proporcional en los aceites de oliva, de tal forma que cuando aumenta el contenido de uno, disminuye el del otro. Durante la maduración, esto es debido a la actividad de la enzima oleato desaturasa, que origina la transformación del ácido oleico en linoleico, durante la biosíntesis de los triglicéridos (Bakhouche *et al.*, 2015). La presencia de una mayor proporción de ácido linoleico, que presenta un mayor grado de insaturación, puede resultar beneficioso desde el punto de vista nutricional en el aceite de oliva.

4.2.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS ACEITES DE OLIVA VIRGEN MONOVARIETALES DE LA *DOP ACEITE DE LA ALCARRIA* EN FUNCIÓN DE LA CAMPAÑA OLEÍCOLA

Las condiciones agroclimáticas, como el marco de plantación, la cantidad de luz que recibe el olivo o la cantidad de agua de que disponga, pueden ser otro factor que influya en los parámetros fisicoquímicos del aceite de oliva (Caruso *et al.*, 2017b; Rodrigues *et al.*, 2018). Por lo tanto, a la hora de caracterizar los aceites de oliva virgen monovarietales elaborados con las variedades de olivo cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria*, también es importante evaluar los posibles cambios en cuanto a su composición fisicoquímica, que pueden estar influidas por las características climáticas de las distintas campañas oleícolas de recolección consideradas.

En el análisis de las 4 campañas oleícolas consecutivas consideradas, se pueden apreciar pequeñas diferencias en cuanto a la composición fisicoquímica, de tal forma que los aceites suelen mostrar tendencias similares en relación con la campaña estudiada. Se puede apreciar que las muestras de aceite con mayores diferencias se obtuvieron en la campaña 2017-2018, en el que todas las variedades mostraron aceites de oliva virgen diferentes, mientras que en el resto de las campañas no se obtuvieron diferencias tan claras, produciéndose un solape entre ellas.

La principal diferencia se puede observar en cuanto a la composición en ácido oleico y ácido linoleico. En este caso, los mayores cambios se produjeron en la campaña oleícola 2017-2018, en el que se obtuvieron los menores valores del primero y los mayores del segundo (Fig. 4.17). Esta tendencia fue similar en las 5 variedades de aceituna estudiadas. Asimismo, en la campaña oleícola 2018-2019, es en la que se obtuvieron aceites con un menor contenido en ácido linoleico y mayor en ácido oleico, generalmente en todas las variedades.

Estudios previos han mostrado la influencia de las precipitaciones en el contenido de los ácidos grasos mayoritarios, de tal forma que en años más secos se observa una disminución en ácido oleico y un incremento en ácido linoleico y ácido palmítico (Li *et al.*, 2019). Este mismo efecto se produce cuando se someten a los olivos a distintos tratamientos de estrés

hídrico (Valenčič *et al.*, 2018), especialmente cuando se trata de cultivos intensivos, en los que se pretende maximizar la producción (García *et al.*, 2020).

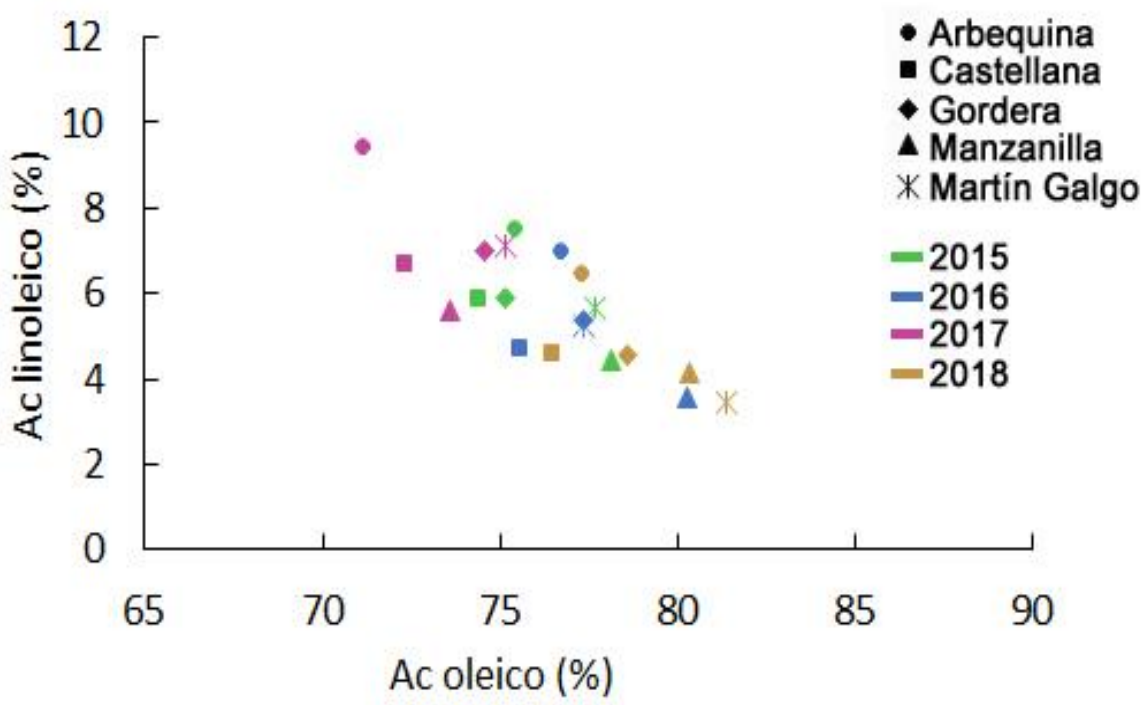


Figura 4.17. Contenido en ácido oleico y ácido linoleico de los aceites de oliva virgen monovarietales elaborados con las variedades de olivo cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria* durante 4 campañas oleícolas consecutivas. Los valores representan las medias de las muestras elaboradas en cada campaña.

En el caso de otros compuestos, que pueden estar afectados por las características climáticas, estas tendencias no son tan claras. Por ejemplo, el contenido en esteroles totales también se ha visto que puede estar influido por la cantidad de precipitación, aunque esta relación no está tan clara y varía en función de la variedad estudiada (Berenguer *et al.*, 2006; Li *et al.*, 2019). Dentro de éstos, el campesterol, cuyo contenido parece disminuir en climas secos y cálidos (Li *et al.*, 2019), no muestra una tendencia clara en relación a la campaña oleícola de recolección en los aceites de oliva virgen analizados (Fig. 4.18).

Los aceites de las variedades *Manzanilla* y *Castellana* no mostraron diferencias significativas, mientras que las variedades *Arbequina*, *Gordera* y *Martín Galgo* mostraron valores máximos de campesterol en años diferentes.

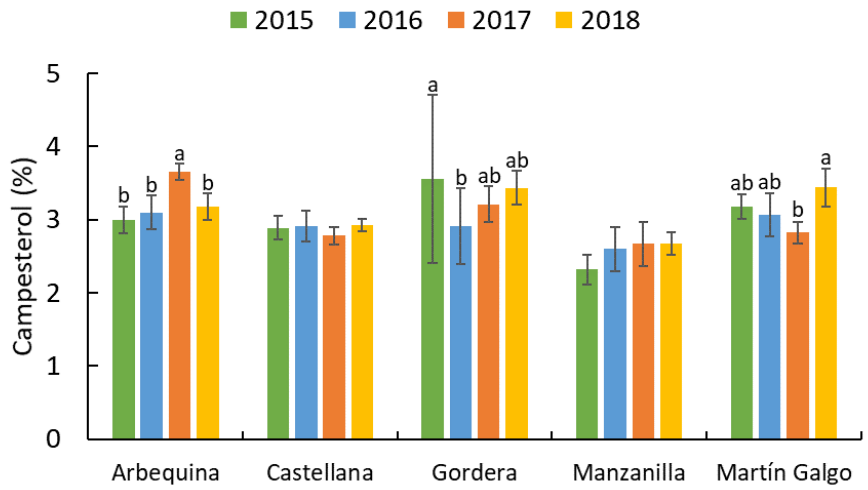


Figura 4.18. Contenido en campesterol de los aceites de oliva virgen monovarietales elaborados con las variedades de olivo cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria* durante 4 campañas consecutivas. Los valores representan las medias de las muestras elaboradas en cada campaña.

Respecto a los compuestos fenólicos, los aceites de oliva virgen monovarietales elaborados muestran variaciones diferentes en función de la variedad de olivo considerada (Fig. 4.19), aunque se siguen manteniendo las características varietales, de tal forma que *Castellana* y *Manzanilla* son las variedades con un mayor contenido en compuestos fenólicos en las 4 campañas estudiadas. En estudios realizados en olivos sometidos a diferentes tratamientos de riego, se suele observar que el contenido en compuestos fenólicos aumenta cuando la cantidad de agua suministrada es menor (Caruso *et al.*, 2014), incrementándose este efecto, de manera más importante, si el estrés hídrico se produce en las primeras etapas del desarrollo del fruto (Caruso *et al.*, 2017a; Gucci *et al.*, 2019). Este momento suele coincidir con el periodo estival, en el que el régimen de precipitaciones puede ser variable entre las distintas estaciones de muestreo analizadas. Por lo tanto, el efecto en el contenido en compuestos fenólicos puede deberse más a precipitaciones, en ciertos momentos del desarrollo del fruto, qué a la cantidad de agua total caída durante el año, lo que hace que sea más difícil encontrar patrones similares en cuanto al contenido en compuestos fenólicos totales para todas las variedades y estaciones de muestreo, puesto que no se puede controlar el aporte de agua disponible para los olivos.

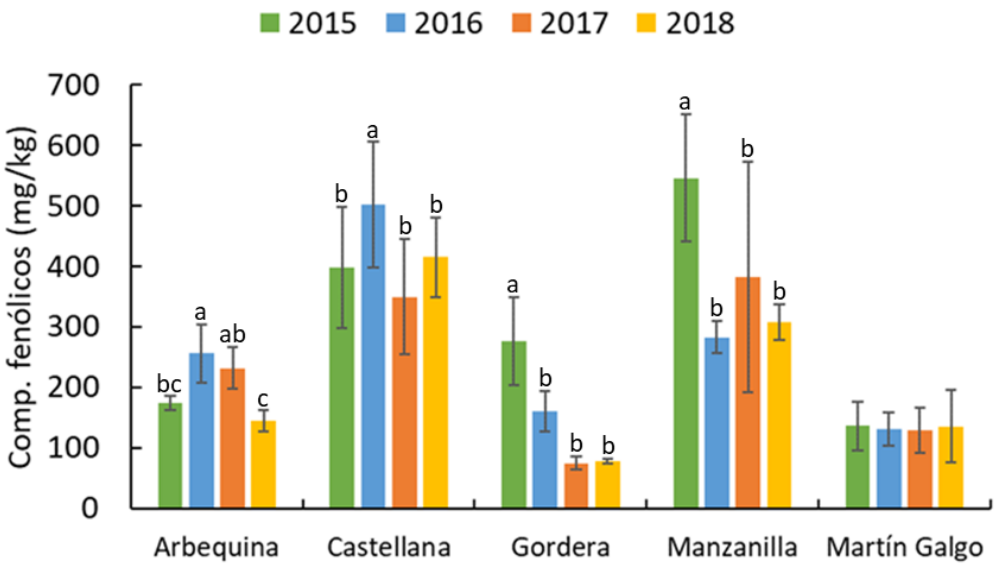


Figura 4.19. Contenido en compuestos fenólicos de los aceites de oliva virgen monovarietales elaborados con las variedades de olivo cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria* durante 4 campañas oleícolas consecutivas. Los valores representan las medias de las muestras elaboradas en cada campaña.

La influencia del contenido en ácidos grasos se observa en los valores de estabilidad oxidativa de los aceites de oliva virgen. La mayor proporción de ácido linoleico en la campaña oleícola 2017-2018 se refleja en valores menores de estabilidad oxidativa en los mismos (Fig. 4.20), aunque en la mayoría de las variedades no se aprecian diferencias significativas con otras campañas. Esto es debido a que en la estabilidad oxidativa también pueden tener influencia otros compuestos como los tocoferoles y los compuestos fenólicos, que no mostraron una tendencia clara en las 4 campañas oleícolas estudiadas. En cualquier caso, las características varietales también se suelen mantener en los aceites de oliva virgen monovarietales elaborados con las variedades de olivo cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria*, de tal forma que la mayor estabilidad corresponde a los aceites de oliva virgen elaborados con las variedades *Castellana* y *Manzanilla* en las 4 campañas consideradas.

En resumen, se podría concluir que las condiciones agroclimáticas afectan a la composición fisicoquímica de los aceites, aunque estos cambios suelen ser poco significativos, manteniéndose las características de la variedad independientemente de la campaña de recolección considerada.

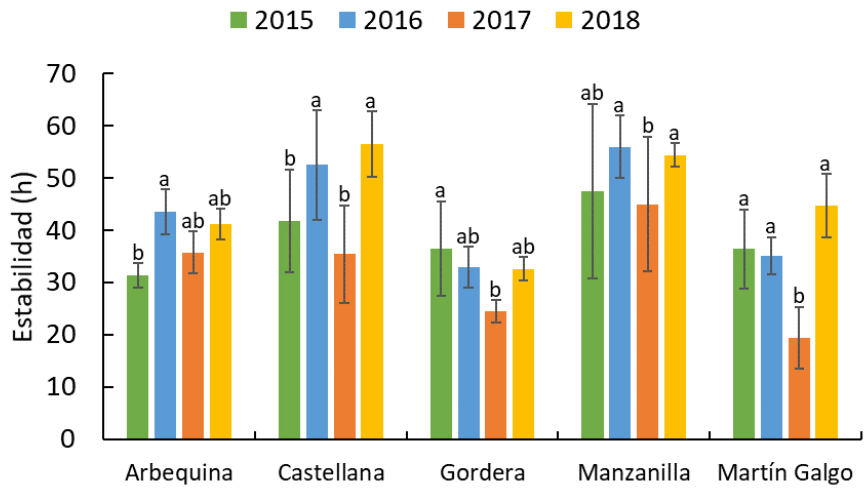


Figura 4.20. Valores de estabilidad oxidativa de los aceites de oliva virgen monovarietales elaborados con las variedades de olivo cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria* durante 4 campañas consecutivas. Los valores representan las medias de las muestras elaboradas en cada campaña.

4.2.4. CARACTERIZACIÓN DE LOS ACEITES DE OLIVA VIRGEN ELABORADOS EN LAS ALMAZARAS INSCRITAS EN LA *DOP ACEITE DE LA ALCARRIA*

Todos los aceites de oliva virgen analizados han mostrado valores bajos de los parámetros de calidad fisicoquímica reglamentada considerados (acidez ≤ 0,8º; índice de peróxidos ≤ 20 meq O_2/kg; $K_{270} \leq 0,22$; $K_{232} \leq 2,5$), encuadrándose, todos ellos, dentro de la categoría "virgen extra". Estos valores confirman la calidad fisicoquímica de los aceites de oliva virgen de la zona de estudio.

En cuanto a los parámetros de calidad organoléptica reglamentada, el 62,5% de las muestras analizadas se han catalogado dentro de la categoría "virgen extra" (la mediana de los defectos ha sido igual a 0 y la mediana del atributo frutado superior a 0). El 37,5% restante se ha catalogado como "virgen" (la mediana de los defectos ha sido superior a 0 e inferior o igual a 3,5 y la mediana del frutado superior a 0). Todas las muestras de aceite de oliva pertenecientes a la categoría "virgen" fueron recogidas de depósitos de final de campaña, lo que confirma la pérdida de calidad de los aceites obtenidos de aceitunas de la variedad

Castellana conforme avanza el periodo de recolección, lo que nos lleva a aconsejar, a los productores de la zona, la recolección temprana de las aceitunas. El defecto sensorial encontrado en las muestras de aceite de oliva virgen ha sido el de avinado.

La predominancia de la variedad *Castellana* en la zona de estudio ha sido la causa principal de los valores medios de estabilidad oxidativa encontrados en los aceites analizados, siempre mayores en las muestras recogidas en los depósitos de principios de campaña. Esta estabilidad media está motivada por un contenido medio en polifenoles totales y un alto contenido en tocoferoles. La mayor estabilidad oxidativa se alcanzó con los aceites recogidos en la almazara de Valdeolivas (Cuenca), aunque muy alejados todavía de la conseguida con variedades como *Picual* y *Cornicabra*, predominantes de otras zonas oleícolas próximas (Pardo *et al.*, 2007, 2011b, 2013). Estos valores garantizan un considerable valor comercial de los aceites de oliva virgen de la zona de estudio.

La composición en ácidos grasos de los aceites de oliva analizados ha mostrado, como era de esperar, valores similares a los observados para la variedad *Castellana*. Los aceites de la zona de estudio destacan por su alto contenido en los ácidos palmítico y palmitoleico, por su bajo contenido en ácido oleico, y por sus valores medios con respecto a los ácidos, esteárico y linoleico, si se comparan con el resto de variedades cultivadas en la zona de estudio.

La composición en esteroles de los aceites de oliva virgen analizados ha mostrado, como en el caso del contenido en ácidos grasos, valores similares a los observados para la variedad *Castellana* en el estudio de los aceites de oliva virgen monovarietales: valores altos de campesterol, aunque muy inferiores a los encontrados en la variedad *Cornicabra* (Pardo *et al.*, 2007, 2011b), valores bajos con respecto a los esteroles totales y valores altos de eritrodiol + uvaol.

4.3. EVALUACIÓN DE LA PARTICIPACIÓN DE LAS ALMAZARAS INSCRITAS EN LA DOP ACEITE DE LA ALCARRIA EN PROCESOS DE INNOVACIÓN Y ECO-INNOVACIÓN. PROPUESTAS DE MEJORA

En la tabla 4.14 se describen las características de las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria*. En general, se trata de empresas pequeñas, que cuentan de media con poco más de cuatro empleados y con un volumen de procesado de aceitunas relativamente pequeño, si bien existe una notable variabilidad entre almazaras.

Estudios previos han demostrado que son las empresas más grandes las que en mayor medida desarrollan innovaciones, demostrando que el número de empleados y el volumen comercializado influyen de forma positiva en la participación en estos procesos (García-Granero *et al.*, 2020). Precisamente, es ese pequeño tamaño, característico de las almazaras de esta *DOP*, el que en gran parte limita el gasto en innovación y la posibilidad de contratar personas que trabajen de forma exclusiva en el desarrollo y puesta en marcha de innovaciones.

Además, las almazaras de la *DOP Aceite de la Alcarria* cuentan con un escaso número de mujeres contratadas, factor que según el trabajo de Díaz-García *et al.* (2013), podría estar también lastrando su implicación en procesos de innovación, especialmente en el desarrollo de innovaciones radicales.

Respecto al destino de sus producciones, se puede observar como el principal mercado de las almazaras de la *DOP Aceite de la Alcarria* es el mercado nacional, ya que sólo el 17,5% de su producción se exporta al extranjero. Esta cifra es, sin embargo, muy variable entre las diferentes almazaras, ya que, si bien algunas no exportan, otras almazaras consiguen exportar hasta el 40% del total de su producción anual.

Las empresas que participan en los mercados internacionales se enfrentan por norma general a una mayor competencia, siendo éste el factor que en algunos estudios se ha identificado como la razón por la que las empresas que más exportan son también aquellas que en mayor medida implementan eco-innovaciones (Cassiman & Golovko, 2011).

Tabla 4.14. Características de las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria*.

	Media	**Desviación estándar**	**Máximo**	**Mínimo**
Número de personas trabajando en la empresa	4,25	1,89	7	3
Número de mujeres trabajando en la empresa	0,75	0,50	1	0
Número aproximado de proveedores de aceituna	421,75	565,37	1200	3
Cantidad media anual de aceituna procesada (kg)	654.125	821.773	1.800.000	40.000
Número de personas trabajando en innovación en la empresa	0,5	0,58	1	0
Porcentaje que representa el gasto en innovación respecto al total de ventas	0	0	0	0
Aproximadamente, ¿qué porcentaje de su producción total exporta?	17,5	18,48	40	0

La tabla 4.15. analiza específicamente el tipo de productos que producen y comercializan las almazaras de la *DOP Aceite de la Alcarria*. En general, observamos que el número de productos diferentes que elaboran es elevado, existiendo también una elevada variabilidad entre empresas. Con respecto al aceite, la mayoría de su producción, un 58,5%, es aceite de oliva virgen extra, un 31% es aceite oliva virgen y un 5,5% aceite lampante. Se nota así una clara apuesta de las almazaras por la producción de aceite con la mayor calidad posible, que es también el que consigue unos mayores precios en el mercado. Además, cabe destacar que todas las almazaras de la *DOP Aceite de la Alcarria* producen aceite ecológico.

La preferencia de los consumidores por aceites de oliva ecológicos ha sido demostrada por estudios realizados específicamente entre consumidores españoles (Bernabéu & Díaz, 2016), por tanto, esta decisión productiva se encuentra en línea con las preferencias actuales de los consumidores nacionales.

Tabla 4.15. Análisis de los productos comercializados por las almazaras inscritas en *la DOP Aceite de la Alcarria*.

	Media	**Desviación estándar**	**Máximo**	**Mínimo**
¿Cuántos productos comercializa actualmente?	10,25	14,59	32	1
¿Cuántos productos alimentarios comercializa?	9,75	14,86	32	1
Aproximadamente, ¿qué porcentaje de su producción de aceite es Aceite de Oliva Virgen Extra?	58,5	28,44	80	20
Aproximadamente, ¿qué porcentaje de su producción de aceite es Aceite de Oliva Virgen?	31	33,67	75	0
Aproximadamente, ¿qué porcentaje de su producción de aceite es Aceite de Oliva Lampante?	5,5	4,20	10	0

La tabla 4.16. muestra la información sobre el nivel de cooperación con otros agentes que realizan las empresas de la *DOP Aceite de la Alcarria*. La cooperación con el resto de los agentes de la cadena alimentaria se ha identificado recientemente como un factor fundamental que favorece el desarrollo de eco-innovaciones en las empresas agroalimentarias, especialmente entre aquellas empresas más pequeñas que tienen problemas para desarrollar eco-innovaciones por sí mismas (Hagedoorn & Schakenraad, 1994; Rabadán *et al.*, 2020).

Atendiendo a los resultados de la encuesta, se puede observar como el 50% de las almazaras dicen cooperar con proveedores, mientras el 25% afirma cooperar con sus clientes. Ninguna de las almazaras de la *DOP Aceite de la Alcarria* coopera con competidores, con universidades o con consultoras para mejorar sus productos o sus procesos productivos.

En un entorno de máxima competencia, en el que las empresas más grandes son capaces de obtener ventajas derivadas de su mayor tamaño (Leitner *et al.*, 2010), la cooperación con otros agentes, incluso con empresas competidoras, es un elemento clave que permite obtener ventajas competitivas a medio y largo plazo a las empresas de menor tamaño.

Tabla 4.16. Nivel de cooperación de las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* en el desarrollo de innovaciones.

Almazaras que colaboran con:	**Porcentaje**
Clientes	25
Proveedores	50
Competidores	0
Universidades y/o Centros de investigación Públicos	0
Consultoras	0

La producción de aceite de oliva bajo el marco de una figura de calidad diferenciada, en nuestro caso de estudio, bajo una Denominación de Origen Protegida, es percibida por algunos consumidores como una ventaja competitiva (Fotopoulos & Krystallis, 2001). La figura 4.21 muestra la opinión que tienen las almazaras sobre cómo la participación en la *DOP* afecta a sus productos y a su negocio en general.

En general, las almazaras muestran una valoración muy positiva sobre los efectos que la participación en la *DOP* tiene sobre la imagen de sus productos y sobre el valor añadido que aporta a sus productos, consiguiendo, en ambos casos, una puntuación media de 6, siendo 7 el máximo en la escala propuesta.

También opinan que la participación en la *DOP* mejora las oportunidades de negocio de su empresa (5,25) y que, de forma genérica, esta figura de calidad es fundamental para la empresa (4,75). Además, opinan que la certificación *DOP* otorga a sus productos una imagen más tradicional (5,75) y, en menor medida, una imagen más innovadora (5,25).

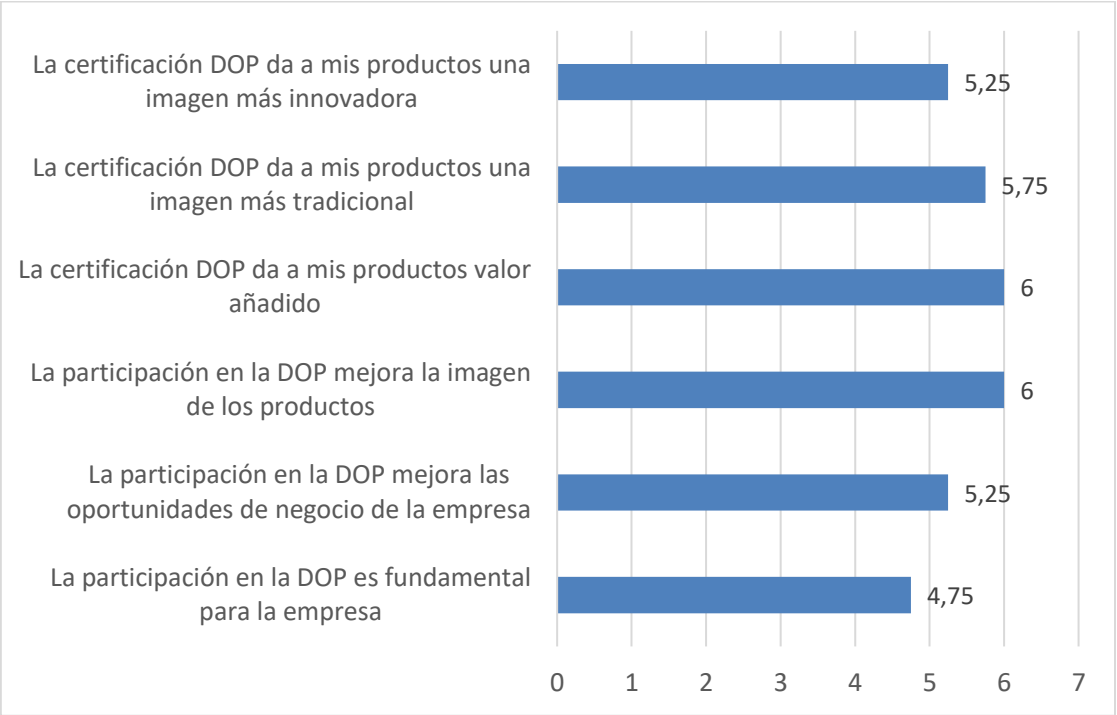


Figura 4.21. Percepción de las empresas sobre cómo afecta su participación en la *DOP Aceite de la Alcarria* a sus producciones y a su imagen. Escala de 1 a 7, siendo 1 totalmente en desacuerdo y 7 totalmente de acuerdo.

En la tabla 4.17 se muestra el nivel de desarrollo de las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* en los diferentes tipos de eco-innovación. El 50% de las almazaras han realizado algún tipo de eco-innovación en los últimos tres años, que ha supuesto la producción de productos más ecológicos, mientras el 25% ha introducido alguna innovación que ha supuesto utilizar envases más ecológicos. Por otro lado, ninguna de las almazaras ha puesto en marcha innovaciones que supongan procesos de producción o distribución más sostenibles. Tampoco se ha desarrollado ningún tipo de eco-innovación sobre la gestión de residuos, que es uno de los condicionantes que en mayor medida afecta a la sostenibilidad de la industria de producción de aceite. La implementación de productos y procesos de producción más sostenibles supone una ventaja competitiva a tener en cuenta en el escenario actual en el que los consumidores demandan bienes y servicios producidos de forma sostenible (Kesidou & Demirel, 2012; McDonagh & Prothero, 2014; Triguero *et al.*, 2018), estando incluso dispuestos a pagar más por esos productos innovadores (Nazzaro *et al.*, 2019).

Tabla 4.17. Porcentaje de empresas inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* que han puesto en marcha diferentes tipos de eco-innovaciones en los tres últimos años.

Tipos de eco-innovación	**Porcentaje**
Innovación en productos ecológicos	**50**
Innovación en envases más ecológicos	**25**
Innovación en procesos de producción más ecológicos	**0**
Innovación en procesos de distribución más ecológicos	**0**
Innovación en procesos de valorización de residuos o subproductos	**0**

La figura 4.22 muestra la valoración de los obstáculos a la innovación que perciben las empresas inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria*. Por orden, las empresas afirman que los principales obstáculos que tienen para el desarrollo de innovaciones son la falta de fondos financieros propios y la falta de incentivos fiscales o subvenciones del sector público, obteniendo ambos factores una puntuación de 6,5 puntos. En tercer lugar, aparecen las dificultades para obtener financiación externa, con 6 puntos. Así, parece claro que son las dificultades de financiación, derivadas de su pequeño tamaño, las que en mayor medida dificultan la puesta en marcha de innovaciones en las almazaras de esta *DOP*.

Estos resultados son similares a los obtenidos en estudios anteriores realizados en empresas agroalimentarias de diferentes subsectores agroalimentarios (Cuerva *et al.*, 2014). En este sentido, el desarrollo de redes de cooperación entre las almazaras de la propia *DOP* y con otros agentes, permitiría repartir los gastos que supone en un inicio la puesta en marcha de actuaciones innovadoras, ayudando a superar parcialmente estos obstáculos (Rabadán *et al.*, 2020). El desarrollo de incentivos y subvenciones públicas destinadas directamente a estas pequeñas empresas del sector agroalimentario también supondría una mejora notable en el desarrollo de diferentes tipos de innovaciones por parte de estas empresas. Otros obstáculos importantes percibidos son, por este orden, la falta de personal cualificado y la dificultad para encontrar socios para poner en marcha o desarrollar esas innovaciones.

También merece la pena destacar que, de forma general, las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* sí perciben la innovación como una ventaja para competir en los

mercados actuales. Así, podemos certificar que las almazaras inscritas en la *DOP*, sí son conocedoras de las ventajas que tiene la innovación, pero no son capaces de superar los obstáculos enumerados, que son los que les impiden una mayor implicación en el desarrollo de estrategias innovadoras específicas.

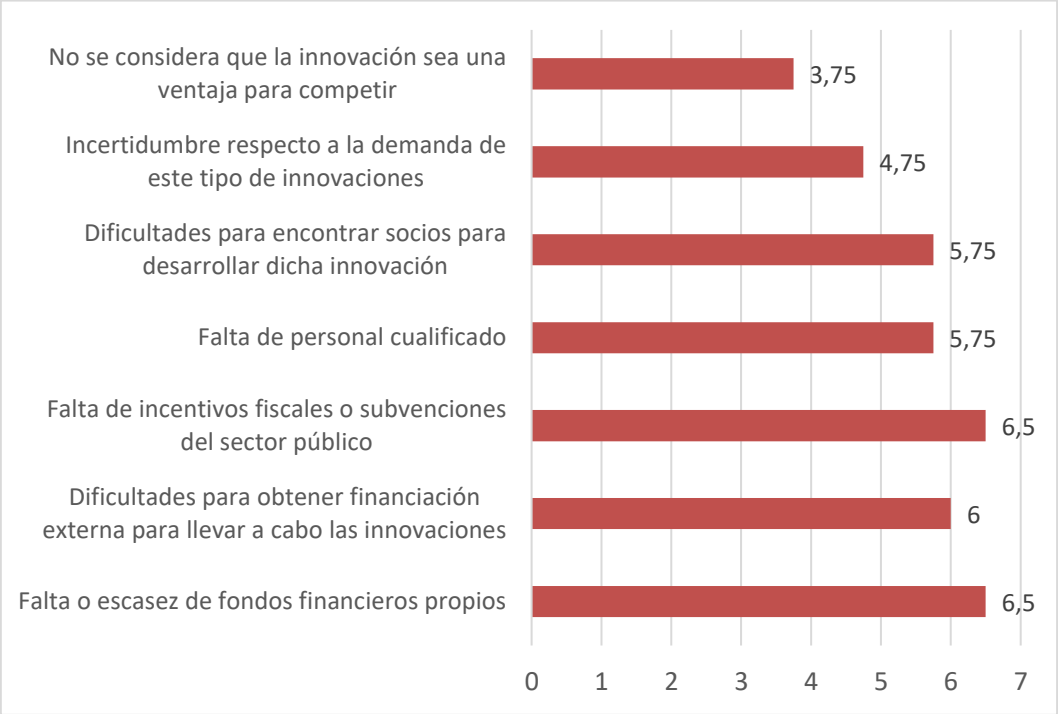


Figura 4.22. Valoración de los obstáculos a la innovación que perciben las empresas inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria*. Escala de 1 a 7, siendo 1 poco importante y 7 muy importante.

Respecto a la valoración del rendimiento futuro que hacen las empresas inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* (Fig. 4.23), merece la pena destacar que la mayoría tienen buenas perspectivas del rendimiento de la empresa en el mercado en los próximos años, obteniendo esta afirmación una valoración media de 5,75 puntos. También se encuentran por encima de valores medios, por este orden, la valoración del crecimiento en ventas (4,5 puntos), la valoración en reducción de costes (4,25 puntos) y, en menor medida, la valoración de la rentabilidad (3,75 puntos). Así, estas empresas, que valoran de forma muy positiva su pertenencia a la *DOP*, prevén un crecimiento moderado de su negocio en los próximos años apoyándose fundamentalmente en el crecimiento de las ventas y en la reducción de costes de producción.

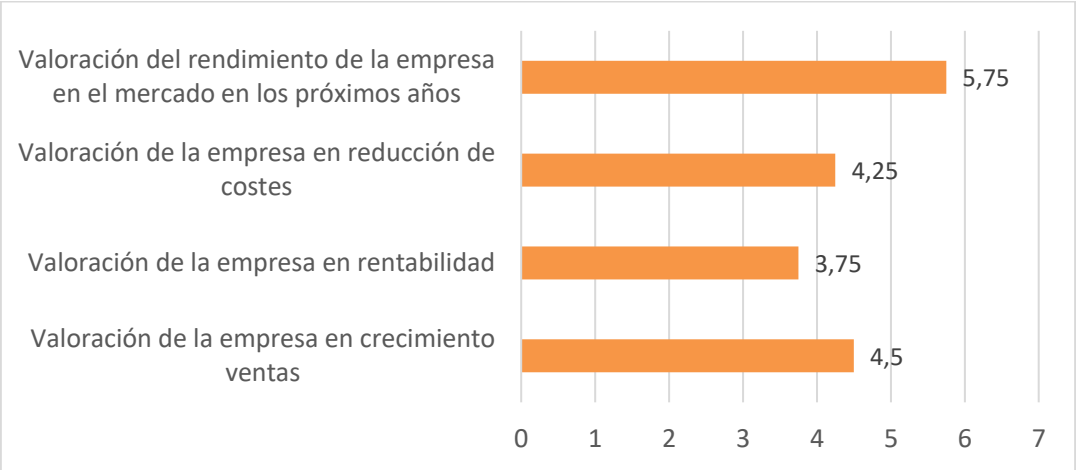


Figura 4.23. Valoración del rendimiento propio que hacen las empresas inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria*. Escala de 1 a 7, siendo 1 muy negativa y 7 muy positiva.

Las buenas perspectivas de negocio podrían sin embargo mejorarse implementando pequeños cambios que tienen un impacto directo en la rentabilidad de las empresas agroalimentarias de pequeño tamaño. En este sentido, un mayor enfoque en los mercados internacionales permitiría aumentar las cifras de ventas y diversificar el mercado ante posibles desajustes en el mercado nacional. Por otro lado, la implicación en procesos de innovación y, especialmente de eco-innovación, ha demostrado claramente tener un efecto positivo sobre la rentabilidad de las pequeñas empresas agroalimentarias (Triguero *et al.*, 2018; Rabadán *et al.*, 2019), que consiguen disminuir costes (Torugsa *et al.*, 2012) y, en general, aumentar su productividad (Martin *et al.*, 2012).

CAPÍTULO 5.

Conclusiones

Con respecto al análisis de la situación actual y del funcionamiento de las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria*, se ha conseguido:

- Detectar aspectos y operaciones actuales de las almazaras que actúan en detrimento de la calidad del aceite que elaboran.
- Proponer actuaciones de mejora para aquellos aspectos y operaciones consideradas deficitarias u obsoletas, entre las que destacamos las siguientes:

    - Sustituir la recolección manual mediante ordeño y el vareo por la recolección mecanizada.
    - Erradicar por completo el transporte en sacos.
    - Separar y procesar por separado las aceitunas que vayan a dar aceites de mala calidad. Diferenciar alguna tolva de espera para estas aceitunas.
    - Lavar las aceitunas sólo cuando sea necesario.
    - Controlar el atrojado de las aceitunas en las instalaciones de los olivicultores.
    - Usar temperaturas/tiempos de termobatido recomendadas. Igual con el agua de la centrífuga vertical.
    - Sustituir los depósitos de hierro recubierto con resina epoxi, los de poliéster o los de fibra de vidrio, por depósitos de acero inoxidable.
    - Repasar los alpeorujos.
    - Conservar las balsas de acumulación y evaporación en perfectas condiciones.

Con respecto a la caracterización, desde los puntos de vista fisicoquímico y sensorial, de los aceites de oliva virgen obtenidos de las variedades de olivo cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria*.

- Los aceites de oliva virgen monovarietales obtenidos de las diferentes variedades de olivo cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria* presentan características diferenciales, que permiten establecer 3 grupos: por un lado, las variedades *Castellana* y *Manzanilla*, por otro lado, *Gordera* y *Martín Galgo*, y por último la variedad *Arbequina*, que muestra características intermedias entre los otros dos grupos.

- La variedad *Castellana* se caracteriza por presentar un porcentaje más elevado de ácidos grasos saturados que el resto de las variedades, debido, principalmente, a una mayor proporción de ácido palmítico.
- Los aceites de oliva virgen monovarietales elaborados con las variedades de olivo cultivadas en la *DOP Aceite de la Alcarria* con la mayor proporción de trioleína son los de *Martín Galgo* (39,65 %) y los de *Manzanilla* (39,86 %), lo que se corresponde con el mayor contenido en ácido oleico.
- Los aceites de oliva virgen monovarietales, elaborados con aceitunas de las variedades *Castellana* y *Gordera,* tienen un contenido medio en esteroles totales inferior al límite establecido por la Reglamentación Europea, 1.000 mg/kg, lo que parece ser una característica intrínseca de los mismos.
- Algunos aceites de oliva virgen monovarietales, elaborados a partir de aceitunas de la variedad *Gordera*, superaron el 4% de campesterol, límite máximo establecido por la Reglamentación Europea para los aceites de oliva, lo que parece ser también una característica intrínseca de los mismos.
- Los aceites de oliva virgen monovarietales, elaborados con aceitunas de las variedades *Manzanilla* y *Castellana*, son los que presentan una mayor estabilidad oxidativa, debido posiblemente a su mayor contenido en compuestos fenólicos y en tocoferoles.
- Los aceites de oliva virgen monovarietales analizados han presentado un frutado medio (intensidad de frutado entre 3 y 6) en las 4 campañas oleícolas consideradas, destacando dentro de ellos los elaborados con aceitunas de la variedad *Arbequina*.
- Los aceites de oliva virgen monovarietales de la variedad *Castellana* han presentado niveles altos del atributo picante, en el 80% de los casos, y del atributo amargo en el 6,7%. En el caso de los de Manzanilla, se han caracterizado por niveles altos de picante en su totalidad. Por contra, ninguna de las muestras de aceite de oliva virgen elaborados con aceitunas de las variedades *Arbequina*, *Gordera* y *Martín Galgo*, ha mostrado niveles por encima de 5 de los atributos amargo y picante, en ninguna de las campañas oleícolas consideradas.
- El 100% de los aceites de oliva virgen elaborados con aceitunas de las variedades de olivo *Arbequina*, *Gordera*, *Manzanilla* y *Martín Galgo,* y el 91,7% de los de *Castellana*, han sido catalogados como "virgen extra"; el 8,3% restante de variedad *Castellana*, todas ellos elaborados con aceitunas maduras, han sido catalogados

como “virgen”, debido probablemente a que, aunque la recolección tuvo lugar en las mismas fechas, la maduración de las aceitunas iba más adelantada, debido a la menor pluviometría anual.

- El estado de madurez de las aceitunas puede influir en las características de los aceites de oliva virgen monovarietales obtenidos, destacando los siguientes datos:

    - Cuando se consideran los parámetros relacionados con la calidad de los aceites, las aceitunas en un estado de madurez más temprano muestran mejores valores, principalmente en cuanto a la acidez y al índice de peróxidos, aunque todos han obtenido la calificación de aceite de oliva virgen extra.
    - Con respecto al atributo frutado, su intensidad disminuye conforme avanza la maduración de las aceitunas, aunque sólo de forma significativa en las variedades *Castellana, Gordera* y *Manzanilla*.
    - Las pequeñas variaciones en los compuestos antioxidantes se reflejan también en una disminución de la estabilidad oxidativa de los aceites elaborados con aceitunas maduras.

- Las condiciones agroclimáticas afectan a la composición fisicoquímica de los aceites, aunque estos cambios suelen ser poco significativos, manteniéndose las características de la variedad, independientemente de la campaña de recolección.
- El análisis fisicoquímico y sensorial de los aceites de oliva virgen elaborados en las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria*, ha mostrado, como era de esperar, valores similares a los observados en los aceites de oliva virgen monovarietales de la variedad *Castellana*, claramente predominante en la zona de estudio.

Con respecto a la evaluación de la participación de las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* en procesos de innovación y eco-innovación:

- Las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* valoran de forma muy positiva su pertenencia a esta *DOP*. La consideran fundamental para su negocio y creen que otorga a sus productos una imagen de producto más tradicional.

- Las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* son, en general, pequeñas tanto por su número de empleados como por sus volúmenes comercializados. Este factor limita de forma decisiva su implicación en procesos de innovación y eco-innovación.
- Las almazaras inscritas en la *DOP Aceite de la Alcarria* presentan unos niveles de cooperación muy escasos con el resto de los agentes de la cadena alimentaria. Además, esta cooperación está concentrada fundamentalmente en relaciones con proveedores y, en menor medida, con clientes.
- La obtención de financiación es el principal obstáculo que limita una mayor participación de las almazaras de la *DOP Aceite de la Alcarria* en procesos de innovación.
- En general, las perspectivas de desarrollo que tienen de su negocio en los próximos años son buenas. Sin embargo, existen recomendaciones que permitirían mejorar su competitividad y aumentar su rentabilidad. En este sentido, sería recomendable aumentar sus exportaciones y favorecer el desarrollo de redes de cooperación entre las almazaras de la propia *DOP* y con el resto de los agentes, con el objetivo de favorecer el desarrollo de innovaciones y eco-innovaciones conjuntas.

CAPÍTULO 6.

Referencias

Acosta, M., Coronado, D., Ferrándiz, E., León, M.D., Moreno, P.J., 2017. The geography of university scientific production in Europe: An exploration in the field of Food Science and Technology. *Scientometrics*, 112: 215–240.

Aguilera, M.P., 2006. *Influencia de las condiciones de batido de la pasta en los compuestos volátiles de oxidación del aceite de oliva*. Tesis Doctoral. Universidad de Jaén, Jaén (España).

Alba, J., Martínez, F., Moyano, M.J., Hidalgo, F., 2009. Tecnología de elaboración de aceite de oliva virgen. En: *Algunas contribuciones sobre olivicultura y elaiotecnia desde la perspectiva de la experiencia*. Ed. Gea Wesfalia Separator Andalucía, S.L. Jaén (España).

Allouche, Y., Jiménez, A., Gaforio, J.J., Uceda, M., Beltrán, G., 2007. How heating affects extra virgin olive oil quality indexes and chemical composition. *J. Agric. Food Chem*., 55(23): 9646-9654.

Alonso, M.V., Aparicio, R., 1993. Characterization of european virgen olive oil using fatty acids. *Grasas y Aceites*, 44: 18-24.

Alvarruiz, A., Álvarez-Ortí, M., Mateos, B., Sena, E., Pardo, J.E., 2015. Quality and composition of virgin olive oil from varieties grown in Castilla-La Mancha (Spain*). Journal of Oleo Science*, 64(10): 1075-1082.

Ambec, S., Lanoie, P., 2008. Does it pay to be green? A systematic overview. *Academy of Management Perspectives*, 22: 45–62.

Amouretti, M.C., 1996. La fabricación de aceite de oliva: una historia técnica original. En: *Enciclopedia Mundial del Olivo*. Ed. Consejo Oleícola Internacional. Barcelona (España).

Amouretti, M.C., Comet, C., 1989. *Le livre de l'olivier*. Ed. Edisud. Aix-en-Provence (Francia).

Amouretti, M. C., Comet, C., 1993. *Hommes et techniques de l'Antiquité à la Renaissance*. Ed. Edisud. Aix-en-Provence (Francia).

Andrés, M., Cuenca, J.M., Pardo, J.E., 2001. Aplicación de la gestión ambiental a la industria aceitera. I. Poder contaminante del alpechín. *Alimentaria*, 326: 85-88.

AOCS, 1989. *Determination of tocopherols and tocotrienols in vegetable oils and fats by HPLC. Oficial Method*. Ed. AOCS. Illinois.

Aparicio, R., Harwood, J., 2003. *Manual del aceite de oliva.* Ed. AMV Ediciones y Mundi-Prensa. Madrid (España).

Aparicio, R., Morales, M.T., Aparicio-Ruiz, R., Tena, N., Garcia-Gonzalez, D.L., 2013. Authenticity of olive oil: Mapping and comparing official methods and promising alternatives. *Food Research International*, 54(2): 2025-2038.

Aragón-Correa, J.A., Sharma, S., 2003. A contingent resource-based view of proactive corporate environmental strategy. *Academy of Management Review*, 28: 71–88.

Aranda, F., Gómez-Alonso, S., Rivera del Álamo, R.M., Salvador, M.D., Fregapane, G., 2004. Trygliceride, total and 2-position fatty acid composition of Cornicabra virgin olive oil: Comparison with other Spanish cultivars. *Food Chemistry*, 86(4): 485-492.

Aranda, V., Calero, J., Plaza, I., Ontiveros-Ortega, A., 2016. Long-term effects of olive mill pomace compost on wettability and soil quality in olive groves. *Geoderma*, 267: 185–195.

Ávila, 2000. *Enciclopedia del aceite de oliva. Historia y leyendas del aceite y la aceituna.* Ed. Planeta, S.A. Madrid (España).

Azzi, A., 2018. Many tocopherols, one vitamin E. *Molecular Aspects of Medicine*, 61: 92-103.

Bakhouche, A., Lozano-Sánchez, J., Bengana, M., Fernández-Gutiérrez, A., Segura-Carretero, A., 2015. Time course of Algerian Azeradj extra-virgin olive oil quality during olive ripening. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 117(3): 389-397.

Barbanera, M., Lascaro, E., Stanzione, V., Esposito, A., Altieri, R., Bufacchi, M., 2016. Characterization of pellets from mixing olive pomace and olive tree pruning. *Renew. Energ.*, 88: 185-191.

Baregheh, A., Rowley, J., Sambrook, S., Davies, D., 2012. Innovation in food sector SMEs. *Journal of Small Business and Enterprise Development*, 19: 300–321.

Barranco, D., 2008. Variedades y patrones. En: *El cultivo del olivo*. Ed. Mundi-Prensa y Junta de Andalucía. 6ª edición. Madrid (España).

Barranco, D., de Toro, C., Rallo, L., 1998. Épocas de maduración de cultivares de olivo en Córdoba. *Investigación Agrícola: Producción y Protección Vegetal*, 13(3): 359-368.

Berenguer, M.J., Vossen, P.M., Grattan, S.R., Connell, J.H., Polito, V.S., 2006. Tree irrigation levels for optimum chemical and sensory properties of olive oil. *Hortscience*, 41: 427-432.

Bernabéu, R., Díaz, M., 2016. Preference for olive oil consumption in the Spanish local market. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 14(4): e0108.

BID (Banco Interamericano de Desarrollo), 2007. *Módulo de capacitación para la recolección y el análisis de indicadores de innovación. Training Module for the Collection and Analysis of Innovation Indicators*. Ed. BID: Washington, DC, USA.

Bouknana, D., Hammouti, B., Salghi, R., Jodeh, S., Zarrouk, A., Warad, I., Aouniti, A., Sbaa, M., 2014. Physicochemical characterization of olive oil mill wastewaters in the eastern region of Morocco. *J. Mater. Environ. Sci.*, 5: 1039-1058.

Brahima, S.B., Marrakchi, F., Gargouri, B., Bouaziz, M., 2015. Optimization of malaxing conditions using $CaCO_3$ as a coadjuvant: A method to increase yield and quality of extra virgin olive oil cv. *Chemlali*. *LWT-Food Sci. Tech-Brazil*, 63(1): 243-252.

Capitanio, F., Coppola, A., Pascucci, S., 2009. Indications for drivers of innovation in the food sector. *British Food Journal*, 111: 820–838.

Caponio, F., Summo, C., Paradiso, V.M., Pasqualone, A., 2014. Influence of decanter working parameters on the extra virgin olive oil quality. *Eur. J. Lipid Sci. Tech.*, 116: 1626–1633.

Carpio, A., Jiménez, B., 1993. *Características organolépticas y análisis sensorial en el aceite de oliva*. Colección: Apuntes, nº 10/93. Ed. Dirección General de Investigación, Tecnología y Formación Agroalimentaria y Pesquera. Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. Sevilla (España).

Caruso, G., Gennai, C., Gucci, R., Esposto, S., Taticchi, A., Urbani, S., Servili, M., 2017a. The effect of the timing of water deficit on yield components and oil quality of olive trees. *Acta Horticulturae*, 1150: 267-271.

Caruso, G., Gucci, R., Sifola, M.I., Selvaggini, R., Urbani, S., Esposto, S., Taticchi, A., Servili, M., 2017b. Irrigation and fruit canopy position modify oil quality of olive trees (cv. Frantoio). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97: 3530-3539.

Caruso, G., Gucci, R., Urbani, S., Esposto, S., Taticchi, A., Di Maio, I., Selvaggini, R., Servili, M., 2014. Effect of different irrigation volumes during fruit development on quality of virgin olive oil of cv. Frantoio. *Agricultural Water Management*, 134: 94-103.

Cassiman, B., Golovko, E., 2011. Innovation and internationalization through exports. *Journal of Industry and Business Studies*, 42: 56–75.

Castellacci, F., Lie, C.M., 2017. A taxonomy of green innovators: Empirical evidence from South Korea. *Journal of Cleaner Production*, 143: 1036–1047.

CE, 1998. Reglamento (CE) Nº 2248/98 de la Comisión de 19 de octubre de 1998 por el que se modifica el Reglamento (CEE) nº 2568/1991 relativo a las características de los aceites de oliva y de los aceites de orujo de oliva y sobre sus métodos de análisis y las notas

complementarias que figuran en el anexo I del Reglamento (CEE) nº 2658/87 del Consejo relativo a la nomenclatura arancelaria y estadística y al arancel aduanero común. *DOCE*, L282, 55–56.

CE, 2006a. Reglamento CE/510/2006 sobre protección de las Indicaciones Geográficas y de las Denominaciones de Origen de los productos agrícolas y alimenticios. *DOUE*, L93: 12-25.

CE, 2006b. Reglamento (CE) Nº 510/2006 del Consejo "Aceite de la Alcarria" Nº CE:ES/PDO/005/562/06.11.2006. *DOUE*, C112: 39–41.

CE, 2007. Reglamento (CE) nº 702/2007 de la Comisión, de 21 de junio de 2007, por el que se modifica el Reglamento (CEE) nº 2568/91 relativo a las características de los aceites de oliva y de los aceites de orujo de oliva y sobre sus métodos de análisis. *DOUE*, L161: 11-27.

CE, 2008. Reglamento (CE) Nº 640/2008 de la Comisión de 4 de Julio de 2008 que modifica el Reglamento (CE) nº 2568/91 relativo a las características de los aceites de olive y de los aceites de orujo de olive y sobre sus métodos de análisis. *DOUE*, L178: 11–16.

CEE, 1991. Reglamento (CEE) nº 2568/91 de la Comisión, de 11 de julio de 1991, relativo a las características de los aceites de oliva y de los aceites de orujo de oliva y sobre sus métodos de análisis. *DOCE*, L248: 1-82.

CEE, 1992a. Reglamento CEE/2081/1992 relativo a la protección de las indicaciones geográficas y de las denominaciones de origen de los productos agrícolas y alimenticios. *DOCE*, L208: 1-8.

CEE, 1992b. Reglamento CEE/2082/1992 relativo a la certificación de las características específicas de los productos agrícolas y alimenticios. *DOCE*, L208: 9-20.

CEE, 1992c. Reglamento CEE/1429/92, de la Comisión de 26 de mayo de 1992, por el que se modifica el Reglamento (CEE) no 2568/91 relativo a las características de los aceites de

oliva y de los aceites de orujo de oliva y sobre sus métodos de análisis. *DOCE*, L150: 17-20.

CEE, 2002. Characteristic of olive and romance oils. Regulation EEC/796/2002 and later modification. *DOCE*, L128: 8-22.

Cert, A., Alba, J., Pérez-Camino, M.C., Hidalgo, F., 1999. Influencia de los sistemas de extracción sobre las características y componentes menores del aceite de oliva virgen extra. *Olivae*, 79: 41-50.

Cert, A., Moreda, W., García-Moreno, J., 1997. Determinación de esteroles y alcoholes triterpénicos en aceite de oliva mediante separación de la fracción por cromatografía líquida de alta eficacia y análisis por cromatografía de gases. Estandarización del método analítico. *Grasas y Aceites*, 48(4): 207-218.

Christopoulou, E., Lazaraki, M., Komaitis, M., 2004. Effectiveness of determinations of fatty acids and triglycerides for the detection of adulteration of olive oils with vegetable oils. *Food Chem.,* 84: 463–474.

Civantos, L., Contreras, R., Grana, R., 1992. *Obtención del aceite de oliva virgen*. Ed. Agrícola Española, S.A. Madrid (España).

COI, 1990. *Olive oil quality improvement.* Ed. Consejo Oleícola Internacional. Madrid (España).

COI, 1991. *Mejora de la calidad del aceite de oliva.* Colección Manuales Prácticos. Ed. Consejo Oleícola Internacional. Madrid (España).

COI, 2006. *Guía de gestión de la calidad de la industria del aceite de oliva: las almazaras.* Ed. Consejo Oleícola Internacional. Madrid (España).

COI, 2019. Consejo Oleícola Internacional. International Olive Oil. http://www.internationaloliveoil.org.

Cuerva, M. C., Triguero, A., Córcoles, D., 2014. Drivers of green and non-green innovation: empirical evidence in Low-Tech SMEs. *Journal of Cleaner Production*, 68: 104-113.

De Marchi, V., 2012. Environmental innovation and R&D cooperation: Empirical evidence from Spanish manufacturing firms. *Research Policy*, 41: 614–623.

Deiana, P., Santona, M., Dettori, S., Culeddu, N., Dore, A., Molinu, M.G., 2019. Multivariate approach to assess the chemical composition of Italian virgin olive oils as a function of variety and harvest period. *Food Chemistry*, 300: 125243.

Dermeche, S., Nadour, M., Larroche, C., Moulti-Mati, F., Michaud, P., 2013. Olive mill wastes: Biochemical characterizations and valorization. *Process Biochem*., 48: 1532–1552.

Di Giovacchino, L., 2003. Aspectos tecnológicos. En: *Manual del aceite de oliva* (Coord.: Aparicio, R. y Harwood, J.). Ed. AMV Ediciones & Mundi-Prensa. Madrid (España).

Di Giovacchino, L., 2013. Technological aspects. En: *Handbook of Olive Oil. Analysis and Properties*, pp. 57-96. J. Harwood & R. Aparicio (Editores). 2° Edición. Ed. Springer. New York (USA).

Díaz-García, C., González-Moreno, Á., Sáez-Martínez, F.J., 2015. Eco-innovation: Insights from a literature review. Innovation: *Management, Policy & Practice*, 17: 6–23.

Díaz-García, C., González-Moreno, F.J., Saez-Martínez, M., 2013. Gender diversity within R&D teams: Its impact on radicalness of innovation. *Innovation*, 15(2): 149-160.

Doran, J., Ryan, G., 2016. The importance of the diverse drivers and types of environmental innovation for firm performance. *Business Strategy and the Environment*, 25: 102–119.

Driss Alami, S.B., 2010. *Aprovechamiento del hueso de aceituna: Biosorción de iones metálicos*. Tesis Doctoral: Universidad de Granada. Granada (España).

FAO, 1991. *Elaboración de aceitunas de mesa*. Boletín de servicios agrícolas de la FAO, 81. Ed. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma (Italia).

Fedeli, E., 1977. Lipids of olives. *Prog. Chem. Fats and other Lipids*, 15(1): 57-74.

Ferguson, J.J.A., Stojanovski, E., MacDonald-Wicks, L., Garg, M.L., 2018. Curcumin potentiates cholesterol-lowering effects of phytosterols in hypercholesterolaemic individuals. A randomised controlled trial. *Metabolism*, 82: 22-25.

Fernández, A., 1999. Poda del olivo. En: *El olivar y el aceite de oliva* (Coord.: Olivares, A. y Pardo, J.E.). Ed. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Albacete (España).

Fernández, J., Fernández, M.J., Rivas, M., Gil, A., 1982. Azúcares y polifenoles en aceitunas verdes. II. Identificación y determinación cuantitativa por cromatografía sobre papel. *Grasas y Aceites*, 33: 208-211.

Fiori, F., Di Lecce, G., Boselli, E., Pieralisi, G., Frega, N.G., 2014. Effects of olive paste fast preheating on the quality of extra virgin olive oil during storage. *LWT–Food Sci. Tech.-Brazil*, 58(2): 511–518.

Fotopoulos, C. Krystallis, A., 2001. Are quality labels a real marketing advantage? A conjoint application on Greek PDO Protected Olive Oil. *Journal of International Food and Agribusiness Marketing*, 12(1): 1-22.

Franco, M.N., Galeano-Díaz, T., López, O., Fernández-Bolaños, J.G., Sánchez, J., de Miguel, C., Gil, M.V., Martín-Vertedor, D., 2014. Phenolic compounds and antioxidant capacity of virgin olive oil. *Food Chemistry*, 163: 289-298.

Franco, M.N., Sánchez, J., de Miguel, C., Martínez, M., Martín-Vertedor, D., 2015. Influence of the fruit's ripeness on virgin olive oil quality. *Journal of Oleo Science*, 64(3): 263-273.

Friedman, M., 1970. The social responsibility of business is to increase its profits. *New York Times Management*, 13: 122–124.

Frondel, M., Horbach, J., Rennings, K., 2008. What triggers environmental management and innovation? Empirical evidence for Germany. *Ecological Economics*, 66: 153–160.

Fuentes, M., De Miguel, C., Marín, J., Sánchez, J., Martínez, M., Martín-Vertedor, D., Franco, M.N., 2013. Chemical composition of virgin olive oil produced in Tierra de Barros (Extremadura, Spain), according to the state of ripening in olives. *Food Chemistry*: 141: 2575-2581.

Fuentes, M., De Miguel, C., Ranalli, M.N., Martínez, M., Martín-Vertedor, D., 2015. Chemical composition and sensory evaluation of virgin olive oils from "Morisca" and "Carrasqueña" olive varieties. *Grasas y Aceites*, 66(1). DOI 10 3989/gya0702142.

García, J.M., Gutiérrez, F., Castellano, J.M., Perdiguero, S., Morillo, A., Albi, M.A., 1996b. Influence of storage temperature on fruit ripening and olive oil quality. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 44: 264-267.

García, J.M., Hueso, A., Gómez del Campo, M., 2020. Deficit irrigation during the oil synthesis period affects olive oil quality in high-density orchards (cv. Arbequina). *Agricultural Water Management*, 230: 105858.

García, J.M., Seller, S., Pérez-Camino, M.C., 1996a. Influence of fruit ripening on olive oil quality. *J. Agric. Food Chem*., 44(11): 3516-3520.

García-Granero, E.M., Piedra-Muñoz, L., Galdeano-Gómez, E., 2020. Multidimensional assessment of eco-innovation implementation: Evidence from Spanish Agri-Food Sector. *International Journal of Environental Research and Public Health*, 17: 1432.

García-Pérez, M.E., Kasangana, P.B., Stevanovic, T., 2017. Bioactive polyphenols for diabetes and inflammation in psoriasis disease. *Studies in Natural Products Chemistry*, 52: 231-268.

Gerasopoulos, K., Stagos, D., Kokkas, S., Petrotos, K., Kantas, D., Goulas, P., Kouretas, D., 2015. Feed supplemented with byproducts from olive oil mill wastewater processing increases antioxidant capacity in broiler chickens. *Food Chem. Toxicol.*, 82: 42-49.

González-Moreno, A., Triguero, A., Sáez-Martínez, F.J., 2019. Many or trusted partners for eco-innovation? The influence of breadth and depth of firms' knowledge network in the food sector. *Technological Forecasting and Social Change*, 147: 51-62.

Gougoulias, N., Giurgiulescu, L., Vagelas, I., Wogiatzi, E., Ntalla, M.N., 2017. Changes in total phenol content and antioxidant activity of Greek table olive cultivar amfissis during maturation. *Studia Universitatis Babeş-Bolyai Chemia*, 62(2): 387-396.

Guardia-Rubio, M., Ayora-Canada, M.J., Ruiz-Medina, A., 2007. Effect of washing on pesticide residues in olives. *Food Chem. Toxicol*., 72: 139-143.

Gucci, R., Caruso, G., Gennai, C., Esposto, S., Urbani, S., Servili, M., 2019. Fruit growth, yield and oil quality changes induced by deficit irrigation at different stages of olive fruit development. *Agricultural Water Management*, 212: 88-98.

Guerrero, A., 2003. *Nueva olivicultura*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid (España).

Gutfinger, T., 1981. Polyphenols in olive oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 58(11): 966-968.

Gutiérrez, F., 1989. Determinación de la estabilidad oxidativa de aceites de oliva vírgenes: comparación entre el método A.O.M. y el método Rancimat. *Grasas y Aceites*, 40: 1-5.

Gutiérrez, F., 1995. El aceite de oliva virgen. Características nutritivas y de calidad. En: *Olivicultura y Elaiotecnia* (Coord.: Porras, A., Cabrera, J., Soriano, M.L.). Ed. Servicio de publicaciones de la Universidad de Castilla-La Mancha. Murcia (España).

Haddada, F.M., Manaï, H., Oueslati, I., Daoud, D., Sánchez, J., Osorio, E., Zarrouk, M., 2007. Fatty acid, triacylglycerol, and phytosterol composition in six Tunisian olive varieties. *J. Agric. Food Chem*., 55(26): 10941-10946.

Hagedoorn, J., Schakenraad, J., 1994. The effect of strategic technology alliances on company performance. *Strategic Management Journal*, 15: 291–309.

Henriques, A. S., King, S. C., Meiselman, H. L., 2009. Consumer segmentation based on food neophobia and its application to product development. *Food Quality and Preference*, 20(2): 83-91.

Heredia, A., Fernández, J., 1987. Evolución de la fibra alimentaria durante el desarrollo y maduración del fruto del olivo (*Olea Europaea aerolensis*). *Alimentaria*, 24: 19-22.

Hermoso, J.F., Romero, A., Tous, J., 2011. *Análisis técnico-económico de los nuevos modelos de explotación oleícola*. Foro del olivar y medio ambiente. Ed. Expoliva. Jaén (España).

Hermoso, M., González, J., Uceda, M., García-Ortiz, A., Morales, J., Frías, L., Fernández, A., 1995. *Elaboración de aceite de oliva de calidad. Obtención por el sistema de dos fases*. Colección: Apuntes, nº 11/94. Ed. Dirección General de Investigación, Tecnología y Formación Agroalimentaria y Pesquera. Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. Sevilla (España).

Hermoso, M., Uceda, M., García-Ortiz, A., Morales, J., Frías, L., Fernández, A., 1991. *Elaboración de aceite de oliva de calidad*. Colección: Apuntes, nº 5/91. Ed. Dirección General de Investigación, Tecnología y Formación Agroalimentaria y Pesquera. Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. Sevilla (España).

Horbach, J., 2008. Determinants of environmental innovation-New evidence from German panel data sources. *Research Policy*, 37: 163–173.

Humanes, J., 1995. Técnicas de cultivo y calidad del aceite de oliva. En: *Olivicultura y elaiotecnia* (Coord.: Porras, A., Cabrera, J., Soriano, M.L.). Colección: Estudios. Ed. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Castilla-La Mancha. Murcia (España).

Humanes, J., Civantos, M., 1993. *Producción de aceite de oliva de calidad. Influencia del cultivo*. Ed. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. Sevilla (España).

Ivankovic, A., Zeljko, K., Talic, S., Martinovic-Bevanda, A., Lasic, M., 2017. Biodegradable packaging in the food industry. *Journal of Food Safety and Food Quality*, 68: 23–52.

Jabeur, H., Zribi, A., Makni, J., 2014. Detection of chemlali extra-virgin olive oil adulteration mixed with soybean oil, corn oil, and sunflower oil by using GC and HPLC. *J. Agric. Food Chem.,* 62: 4893–4904.

Jiménez, O., del Valle, A., 1996. Determination of sterols by capillary column gas chromatography. Differentiation among different types of olive oil: virgin, refined and solvent-extracted. *J. Am. Oil Chem. Soc*., 73(12): 1685-1689.

Kemp, R., Pearson, P., 2007. Final Report MEI Project about Measuring Eco-innovation. Project deliverable 25. http://www.oecd.org/env/consumption-innovation/43960830.pdf (Acceso el 15 de abril de 2020).

Kesidou, E., Demirel, P., 2012. On the drivers of eco-innovations: Empirical evidence from the UK. *Res. Policy*, 41: 862–870.

Khayer, A., Bari Chowdhurya, M.M., Michailides, M.K., Akratos, C.S., Tekerlekopouloua, A.G., Pavlou, S., Vayenas, D.V., 2014. Composting of three phase olive mill solid waste using different bulking agents. *Int. Biodeterior Biodegradation*, 21: 66–73.

Kiritsakis, A.K., 1991. *Olive oil*. Ed. American oil chemist's society. Champaing (Illinois, USA).

Kiritsakis, A.K., 1992. *El aceite de oliva*. Ed. A. Madrid Vicente Ediciones. Madrid (España).

Lanza, C.M., Russo, C., Tomaselli, F., 1998. Relationship between geographical origin and fatty acid composition of extra-virgin olive oils produced in three areas of Eastern Sicily. *Ital. J. Food Sci*., 4(10): 359-366.

Leitner, A., Wehrmeyer, W., France, C., 2010. The impact of regulation and policy on radical eco-innovation: The need for a new understanding. *Management Resources Review*, 33: 1022–1041.

Li, X., Flynn, J.D., Wang, S.C., 2019. The effects of variety, growing region, and drought stress on fatty acid and sterol compositions of California olive oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 96: 215-230.

Linares, J., García, M., Iñigo, M., García, J.M., Berzosa, J., 2006. Olive and olive pomace oil packing and marketing. *Grasas y Aceites*, 57: 68-85.

Longobardi, F., Ventrella, A., Casiello, G., Sacco, D., Tasioula-Margari, M., Kiritsakis, A.K., Kontominas, M.G., 2012. Characterization of the geographical origin of western Greek virgin olive oils based on instrumental and multivariate statistical analysis. *Food Chem.,* 133: 169–175.

Lukić, M., Lukić, I., Krapac, M., Sladonja, B., Piližota, V., 2013. Sterols and triterpene diols in olive oil as indicators of variety and degree of ripening. *Food Chem*., 136: 251-258.

Luo, T., Deng, Z.Y., Li, X.P., Rao, H., Fan, Y.W., 2014. Triolein and trilinolein ameliorate oxidized low-density lipoprotein-induced oxidative stress in endothelial cells. *Lipids*, 49(5): 495-504.

Magnusson, M.K., Arvola, A., Hursti, U.K.K., Åberg, L. Sjödén, P.O., 2003. Choice of organic foods is related to perceived consequences for human health and to environmentally friendly behaviour. *Appetite*, 40: 109-117.

MAPA, 2019. *Anuario de Estadística Agraria 2019*. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid (España).

Marcon, A., de Medeiros, J.F., Ribeiro, J.L.D., 2017. Innovation and environmentally sustainable economy: Identifying the best practices develop by multinationals in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 160: 83–97.

Martin, R., Muûls, M., De Preux, L.B., Wagner, U.J., 2012. Anatomy of a paradox: Management practices, organizational structure and energy efficiency. *Journal of Environmental Economics and Management*, 63: 208–223.

Martín, V., 2006. Denominaciones de Origen: Una revisión en mercado alimentario español. *Distribución y Consumo*, 90: 87-113.

Martínez, M., de Miguel, C., Fuentes, M., Martin, F., Sánchez, J., 2015. The sterol and erythrodiol + uvaol content of virgin olive oils produced in five olive-growing zones of Extremadura (Spain). *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 93: 227–235.

Martínez, M., Fuentes, M., Franco, M.N., Sánchez, J., de Miguel, C., 2014. Fatty acid profiles of virgin olive oils from the five olives growing zones of Extremadura (Spain). *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 91: 1921–1929.

McDonagh, P., Prothero, A., 2014. Sustainability marketing research: Past, present and future. *Journal of Marketing Management*, 30: 1186–1219.

Meiselman, H.L., King, S.C., Gillette, M., 2010. The demographics of neophobia in a large commercial US sample. *Food Quality and Preference*, 21: 893-897.

Morales, J., 1999. Fertilización del olivar. En: *El olivar y el aceite de oliva* (Coord.: Olivares, A. y Pardo, J.E.). Ed. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Albacete (España).

Motilva, M.J., Ramo, T., Romero, M.P., 2001. Caracterización geográfica de los aceites de oliva vírgenes de la denominación de origen protegida "Les Garrigues" por su perfil de ácidos grasos. *Grasas y Aceites*, 52(1): 26-32.

Navajas-Porras, B., Pérez-Burillo, S., Morales-Pérez, J., Rufián-Henares, J.A., Pastoriza, S., 2020. Relationship of quality parameters, antioxidant capacity and total phenolic content of EVOO with ripening state and olive variety. *Food Chemistry*, 325: 126926.

Navas-López, J.F., Cano, J., de la Rosa, R., Velasco, L., León, L., 2020. Genotype by environment interaction for oil quality components in olive tree. *European Journal of Agronomy*, 119: 126115.

Nazzaro, C., Lerro, M., Stanco, M., Marotta, G., 2019. Do consumers like food product innovation? An analysis of willingness to pay for innovative food attributes. *British Food Journal*, 121: 1413–1427.

Nazzaro, C., Stanco, M., Marotta, G., 2020. The life cycle of corporate social responsibility in agri-food: Value creation models. *Sustainability*, 12: 1287.

Nguyen, A.N.H., Johnson, T.E., Jeffery, D.W., Danner, L., Bastian, S.E.P., 2019. A cross-cultural examination of Australian, Chinese and Vietnamese consumers' attitudes towards a new Australian wine product containing Ganoderma lucidum extract. *Food Research International*, 115: 393-399.

Niaounakis, M., Halvadakis, C.P., 2006. Olive processing waste management--literature review and patent survey. *Pergamon*, 5: 23-64.

Nsir, H., Taamalli, A., Valli, E., Bendini, A., Toschi, T.G., Zarrouk, M., 2017. Chemical composition and sensory quality of Tunisian "Sayali" virgin olive oils as affected by fruit ripening: toward an appropriate harvesting time. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 94(7): 913-922.

Nunes, M.A., Pimentel, F.B., Costa, A.S.G., Alves, R.C., Oliveira, M.B.P.P., 2016. Olive by-products for functional and food applications: Challenging opportunities to face environmental constraints. *Innov. Food Emerg. Technol.*, 35: 139-148.

OCDE, 2005. Oslo Manual. The Measurement of Scientific and Technological Activities: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data. OCDE, Paris, France.

Olimerca, 2018. *Información de mercados para el sector del aceite de oliva y otros aceites vegetales*. Ed. Ágora Comunicación y Análisis S.L. Madrid (España).

Ollivier, D., Artaud, J., Pinatel, C., Durbec, J.P., Guerere, M., 2006. Differentiation of french virgin olive oil RDOs by sensory characteristics, fatty acid and triacylglycerol compositions and chemometrics. *Food Chem*., 97: 382–393.

Orlandi, F., Aguilera, F., Galan, C., Msallem, M., Fornaciari, M., 2016. Olive yields forecasts and oil prive trends in mediterranean areas: a comprehensive analysis of the last two decades. Experimental Agriculture, 53(1): 71-83.

Owen, R.W., Giacosa, A., Hull, W.E., Haubner, B., Spiegelhalder, B., Bartsch, H., 2000. The antioxidant/anticancer potential of phenolic compounds isolated from olive oil. *European Journal of Cancer*, 36: 1235-1247.

Paiva-Martins, F., Fernandes, J., Santos, V., Silva, L., Borges, F., Rocha, S., Belo, L., Santos-Silva, A., 2010. Powerful protective role of 3,4-dihydroxyphenylethanol-elenolic acid dialdehyde against erythrocyte oxidative-induced hemolysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58: 135-140.

Pardo, J.E., 2002. *La industria del aceite de oliva. El sistema de Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico*. Ed. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Toledo (España).

Pardo, J.E., 2006. Impactos ambientales de almazaras. En: *La evaluación del impacto ambiental de proyectos y actividades agroforestales* (Coord.: Andrés, M.). Colección: Monografías. Ed. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha. Cuenca (España).

Pardo, J.E., Álvarez-Ortí, M., Rey, A.M., Cuesta, M.A., Silvestre, A., 2011b. Purity, quality and stability of argentinean commercial virgin olive oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113: 597-608.

Pardo, J.E., Calcerrada, A., Alvarruiz, A., 1998. *La calidad en el aceite de oliva virgen*. Ed. Unión de Cooperativas Agrarias de Castilla-La Mancha. Albacete (España).

Pardo, J.E., Cuesta, M.A., Alvarruiz, A., 2007. Evaluation of potential and real quality of virgin olive oil from the designation of origin "Aceite Campo de Montiel" (Ciudad Real, Spain). *Food Chem.*, 100: 977-984.

Pardo, J.E., Cuesta, M.A., Alvarruiz, A., Granell, J.D., Álvarez-Ortí, M., 2011a. Evaluation of potential and real quality of virgin olive oil from the designation of origin "Aceite Montes de Alcaraz" (Albacete, Spain). *Food Chem.*, 124: 1684-1690.

Pardo, J.E., Cuesta, M.A., Gómez, R., Granell, J.D., Álvarez-Ortí, M., 2012. Quality of virgin olive oil from the Designation of Origin (D.O.) "Aceite Campo de Montiel" (Ciudad Real, Spain) from two crop seasons. *La Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse*, 89: 103-111.

Pardo, J.E., Sena, E., Cuesta, M.A., Granell, J.D., Valiente, J., Álvarez-Ortí, M., 2013. Evaluation of potential and real quality of virgin olive oil from "Campos de Hellín" (Albacete, Spain). *J. Am. Oil Chem. Soc*., 90(6): 851-862.

Pardo, J.E., Tardáguila, J., Gómez, R., 1996. *Control de calidad en el aceite de oliva virgen*. Ed. Servicio de Publicaciones del Campus de Albacete, Universidad de Castilla-La Mancha. Albacete (España).

Pardo, J.E., Tello, J., Suárez, M., Rabadán, A., De Miguel, C., Álvarez-Ortí, M., 2020. Variety characterization and influence of olive maturity in virgin olive oils from the area assigned to the Protected Designation of Origin "Aceite de la Alcarria" (Spain). *Agronomy*, 10: 38. Doi: 10.3390/agronomy/10010038.

Pastor, M., Humanes J., 1996. *Poda del olivo. Moderna Olivicultura*. Ed. Agrícola Española. Madrid (España).

Peiró-Signes, Á., Miret-Pastor, L., de Miguel-Molina, B., 2013. Analysis the determinants of better performance through eco management tools at the food industry: An empirical study. In *EcoProduction and Logistics*, Springer, Berlin (Germany).

Ponsich, M., 1980. *Nouvelles perspectives sur la l'olivier du bas Guadalquivir dans l'antiquité*. Primer Congreso internacional de producción y consumo del aceite de oliva en la antigüedad. Ed. Universidad Complutense. Madrid (España).

Porras, A., 1995. Recolección mecanizada de aceituna. En: *Olivicultura y elaiotecnia*. (Coord.: Porras, A., Cabrera, J., y Soriano, M.L.). Colección: Estudios. Ed. Universidad de Castilla-La Mancha. Cuenca (España).

Porter, M., Van Der Linde, C., 1995. Towards a new conception of environment-competitiveness relationship. *Journal of Economic Perspectives*, 9: 97–118.

Rabadán, A., Álvarez-Ortí, M., Gómez, R., Alvarruiz, A., Pardo, J.E., 2017. Optimization of pistachio oil extraction regarding processing parameters of screw and hydraulic presses. *LWT – Food Science and Technology*, 83: 79-85.

Rabadán, A., González-Moreno, A., Sáez-Martínez, F.J., 2019. Improving firms' performance and sustainability: The case of eco-innovation in the agri-food industry. *Sustainability*, 11: 5590.

Rabadán, A., Triguero, A., González-Moreno, A., 2020. Cooperation as the secret ingredient in the recipe to foster internal technological eco-innovation in the agri-food industry. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17: 2588.

Rahmaniana, N., Jafaric, S.M., Wani, T.A., 2015. Bioactive profile, dehydration, extraction and application of the bioactive components of olive leaves. *Trends Food Sci. Tech.*, 42(2): 150-172.

Raya, I., Caño, S., Moreno, L., Vilar, J., 2019. Elaboración de aceite de oliva virgen de calidad. Consideraciones desde la experiencia y el conocimiento. Ed. Fundación Caja Rural de Jaén. Jaén (España).

Ristic, R., Johnson, T.E., Meiselman, H.L., Hoek, A.C., Bastian, S.E.P., 2016. Towards development of a Wine Neophobia Scale (WNS): Measuring consumer wine neophobia using an adaptation of The Food Neophobia Scale (FNS). *Food Quality and Preference*, 49: 161-167.

Rodrigues, N., Casal, S., Peres, A.M., Baptista, P., Bento, A., Martín, H., Asensio-S-Manzanera, M.C., Pereira, J.A., 2018. Effect of olive tres density on the quality and composition of olive oil from cv. Arbequina. *Scientia Horticulturae*, 238: 222-233.

Rodríguez, J., Wiengarten, F., 2017. The role of process innovativeness in the development of environmental innovativeness capability. *Journal of Cleaner Production*, 142: 2423–2434.

Ryan, D., Robards, K., Lavee, S., 1998. Evaluación de la calidad del aceite de oliva. *Olivae*, 72: 23-41.

Sáez-Martínez, F.J., Díaz-García, C., González-Moreno, Á., 2016. Factors promoting environmental responsibility in European SMEs: The effect on performance. *Sustainability*, 8: 898.

Sáez-Martínez, F.J., González-Moreno, Á., Hogan, T., 2014. The role of university in eco-entrepreneurship: Evidence from the eurobarometer survey on attitudes of european entrepreneurs towards eco-innovation. *Environmental Engineering and Management Journal*, 13: 2541–2549.

Salvador, M.D., Aranda, F., Gómez-Alonso, S., Fregapane, G., 2001. Cornicabra virgin olive oil: a study of five crop seasons. Composition, quality and oxidative stability. *Food Chem.*, 74: 267-274.

Sánchez, J., De Miguel, C., Osorio, E., Marín, J., Fuentes, M., Ardila, T., Gallardo, L., Martínez, M., 2009. Characteristics of virgin olive oils from olive zone of Extremadura (Spain), and an approximation to their varieties origin. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 86: 933-940.

Sánchez, J., Osorio, E., Montaño, A., Martínez, M., 2004. Sterol and erythrodiol + uvaol content of virgin olive oils from cultivars of Extremadura (Spain). *Food Chem.*, 87: 225-230.

Schäfer-Schuchardt, H., 1988. *L'Oliva: la grande storia di un piccolo frutto.* Ed. Arti Grafiche Favia. Bari (Italia).

Segarra-Oña, M.V., Peiró-Signes, A., Mondéjar-Jiménez, J., 2013. Identifying variables affecting the proactive environmental orientation of firms: An empirical study. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22: 873–880.

Sena-Moreno, E., Álvarez-Ortí, M., Zied, D.C., Pardo, A., Pardo, J.E., 2015. *Olive* oils from Campos de Hellín (Spain) exhibit significant varietal differences in fatty acid composition, sterol fraction, and oxidative stability. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 117(7): 967-975.

Shafie, F, A., Rennie, D., 2012. Consumer perceptions towards organic food. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 49: 360-367.

Shahzad, N., Khan, W., Shadab, M.D., Alid, A., Saluja, S.S., Sharma, S., Al-Allaf, F.A., Abduljaleel, Z., Ibrahim, I.A.A., Abdel-Wahab, A.F., Afify, M.A., Al-Ghamdi, S.S., 2017. Phytosterols as a natural anticancer agent: Current status and future perspective. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 88: 786-794.

Shao, J., 2019. Sustainable consumption in China: New trends and research interests. *Business Strategy and the Environment*, 28(8): 1507-1517.

SiAR, 2020. *Sistema de Información Agroclimática para el Regadío*. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Gobierno de España. Madrid (España).

Sicari, V., 2017. Antioxidant potential of extra virgin olive oils extracted from three different varieties cultivated in the Italian province of Reggio Calabria. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 90: 76-82.

Siegrist, M., 2007. Consumer attitudes to food innovation and technology. In *Understanding Consumers of Food Products* (pp. 236-253). Ed. Woodhead Publishing Ltd. Cambridge (UK).

Skiada, V., Tsarouhas, P., Varzakas, T., 2020. Monocultivar extra virgin olive oils in the southern region of Peloponnese, according to specific compositional/traceability markers. *Foods*, 9: 155.

Stucki, T., 2019. Which firms benefit from investments in green energy technologies? The effect of energy costs. *Research Policy*, 48: 546–555.

Torugsa, N.A., O'Donohue, W. & Hecker, R., 2012. Capabilities, proactive CSR and financial performance in SMEs: Empirical evidence from an Australian manufacturing industry sector. *Journal of Business Ethics*, 109: 483–500.

Tous, J., Romero, A., 1993. *Variedades del olivo. Con especial referencia a Cataluña*. Ed. Fundación "La Caixa"- AEDOS. Barcelona (España).

Tous, J., Romero, A., Plana, J., Guerrero, L., Díaz, I., Hermoso, J.F., 1997. Características químico-sensoriales de los aceites de oliva "Arbequina" obtenidos en distintas zonas de España. *Grasas y Aceites*, 48(6): 415-424.

Triguero, A., Fernández, S., Sáez-Martinez, F.J., 2018. Inbound open innovative strategies and eco-innovation in the Spanish food and beverage industry. *Sustainable Production and Consumption*, 15: 49–64.

Triguero, A., Moreno-Mondéjar, L., Davia, M.A., 2013. Drivers of different types of eco-innovation in European SMEs. *Ecological Economics*, 92: 25–33.

Tuorila, H., Hartmann, C., 2020. Consumer responses to novel and unfamiliar foods. *Current Opinion in Food Science*, 33: 1-8.

Twede, D., Clarke, R., 2005. Supply chain issues in reusable packaging. *Journal of Marketing Channels*, 12: 7–26.

Uceda, M., 1999. Calidad en el aceite de oliva. Influencia de la elaboración. En: *El olivar y el aceite de oliva* (Coord.: Olivares, A., Pardo, J.E.). Ed. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Albacete (España).

Uceda, M., Frias, L., 1975. Harvest dates: Evolution of the fruit oil content, oil composition and oil quality. Procedings II Seminario Oleicola Internacional. Proc. Segundo Semin. Oleic. Int. Cordoba Spain, 6: 125–128.

Uceda, M., Hermoso, M., Aguilera, M.P., 2004. La calidad del aceite de oliva. En: *El cultivo del olivo*. Barranco, D., Fernández-Escobar, R., Rallo, L. Ed. Mundi-prensa y Junta de Andalucía. Madrid (España).

Uceda, M., Hermoso, M., Frías, L., 1989. Cultivar influence on oil quality-related parameters. *Olea*, 20: 145.

UE, 2011. Reglamento (UE) nº 61/2011 de la Comisión de 24 de enero de 2011, por el que se modifica el Reglamento (CEE) nº 2568/91 relativo a las características de los aceites de oliva y de los aceites de orujo de oliva y sobre sus métodos de análisis. *Diario Oficial Unión Eur*., L-23: 1-14.

Valenčič, V., Podgornik, M., Bandelj, D., Bučar-Miklavčič, M., Bečter, E., Miklavčič Vičnjevec, A., Pintar, M., Baruca Arbeiter, A., Hladnik, M., Butinar, B., 2018. Influence of irrigation treatments on the yield and quality of "Istrska belica" olive oil. *Acta Horticulturae*, 1199: 471-476.

Vázquez, A., Janer, C., Janer, M.L., 1973. Determination of total polyphenols in olive oils. *Grasas y Aceites*, 24: 350-357.

Vera, M., 2011. *Aceite de olive virgen extra: su obtención y conservación*. Ed. AMV Ediciones. Madrid (España).

Yorulmaz, A., Yavuz, H., Tekin, A., 2014. Characterization of Turkish olive oils by triacylglycerol structures and sterol profiles. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 91: 2077–2090.

Yousfi, K., Cert, R.M., García, J.M., 2006. Changes in quality and phenolic compounds of virgin olive oils during objectively described fruit maturation. *Eur. Food Res. Technol.*, 223(1): 117-124.

Youssef, O., Mokhtar, G., Abdelly, C., Mohamed, S.N., Mokhtar. Z., Guido, F., 2013. Changes in volatile compounds and oil quality with malaxation time of Tunisian cultivars of *Olea europea*. *Int. J. Food Sci. Tech.*, 48(1): 74-81.

Zafra, A., Mayordomo, M.C., Garrido, J.M., Torres, M.A., 2011. *Variedades de olivo de los municipios de la Alcarria conquense. Cuaderno de campo*. Ed. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Pp. 1-43. Baena (Jaén).

CAPÍTULO 7.

Publicaciones derivadas de la Tesis Doctoral

PUBLICACIONES CIENTÍFICAS INDEXADAS CON UN ÍNDICE DE CALIDAD RELATIVO

Pardo, J.E., **Tello, J.**, Suárez, M., Rabadán, A., De Miguel, C., Álvarez-Ortí, M., 2020. *Variety characterization and influence of olive maturity in virgin olive oils from the area assigned to the Protected Designation of Origin "Aceite de la Alcarria" (Spain)*. Agronomy, 10: 38. Doi: 10.3390/agronomy/10010038. *Factor de impacto*: 2,259 (2019). *Categoría*: Agronomy. *Posición*: 19 de 89 (Q1).

Rabadán, A., Álvarez-Ortí, M., **Tello, J.**, Pardo, J.E., 2021. *Tradition vs. eco-innovation: The constraining effect of Protected Designations of Origen (PDO) on the implementation of sustainability measures in the olive oil sector*. Agronomy, 11: 447. Doi: 10.3390/agronomy/11030447. *Factor de impacto*: 2,259 (2019). *Categoría*: Agronomy. *Posición*: 19 de 89 (Q1).

LIBROS

Pardo, J.E., Álvarez-Ortí, M., Rabadán, A., **Tello, J.**, 2021. *El aceite de oliva de la Alcarria: Tradición y calidad*. Ed. Doin Soluciones Gráficas, S.A. ISBN: 978-84-947921-2-0. Madrid (España).

COMUNICACIONES A CONGRESO

Pardo, J.E., **Tello, J.**, Copete, M.E., Suarez, M., Gómez-Cantó, C., Rabadán, A., López, E., Alvarruiz, A., Romero, R., Álvarez-Ortí, M., 2019. *Evaluación de los parámetros de calidad fisicoquímica y sensorial reglamentada de los aceites de oliva virgen de la Denominación de Origen Protegida (DOP) Aceite de la Alcarria durante dos campañas oleícolas consecutivas.* XIX Simposio Científico-Técnico Expoliva. Jaén, 15-17/05/2019. Publicación (ISSN/ISBN): 978-84-946839-2-3. Volumen: 1. Páginas: 1-7.

Romero, R., Pardo, J.E., **Tello, J.**, Copete, M.E., Suarez, M., Gómez-Cantó, C., Rabadán, A., López, E., Alvarruiz, A., Álvarez-Ortí, M., 2019. *Estudio de la composición en esteroles y dialcoholes triterpénicos de los aceites de oliva virgen de la Denominación de Origen Protegida (DOP) Aceite de la Alcarria durante dos campañas oleícolas consecutivas.* XIX Simposio Científico-Técnico Expoliva. Jaén, 15-17/05/2019. Publicación (ISSN/ISBN): 978-84-946839-2-3. Volumen: 1. Páginas: 1-5.

Suárez, M., Pardo, J.E., **Tello, J.**, Copete, M.E., Gómez-Cantó, C., Rabadán, A., López, E., Alvarruiz, A., Romero, R., Álvarez-Ortí, M., 2019. *Estudio de la composición en ácidos grasos y en triglicéridos de los aceites de oliva virgen de la Denominación de Origen Protegida (DOP) Aceite de la Alcarria durante dos campañas oleícolas consecutivas.* XIX Simposio Científico-Técnico Expoliva. Jaén, 15-17/05/2019. Publicación (ISSN/ISBN): 978-84-946839-2-3. Volumen: 1. Páginas: 1-7.

Tello, J., Pardo, J.E., Copete, M.E., Suárez, M., Rabadán, A., López, E., Alvarruiz, A., Romero, Gómez-Cantó, C., R., Álvarez-Ortí, M., 2019. *Estudio de la estabilidad de los aceites de oliva virgen de la Denominación de Origen Protegida (DOP) Aceite de la Alcarria durante dos campañas oleícolas consecutivas.* XIX Simposio Científico-Técnico Expoliva. Jaén, 15-17/05/2019. Publicación (ISSN/ISBN): 978-84-946839-2-3. Volumen: 1. Páginas: 1-5.

Universidad de Castilla-La Mancha
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes
Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria