



Universitat de Lleida

Caracterización y diferenciación de los aceites vírgenes de oliva de la comarca del Priorat (Tarragona), dentro del mercado global de aceites de la variedad 'Arbequina'

Agustí J. ROMERO AROCA

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.

UdL

Departament de
Tecnologia d' Aliments

IRTA

Olivicultura, Elaiotècnia
i Fruita Seca

Tesis Doctoral

**Caracterización y diferenciación de los aceites vírgenes de
oliva de la comarca del Priorat (Tarragona), dentro del mercado
global de aceites de la variedad 'Arbequina'**

Agustí J. ROMERO AROCA

Septiembre 2011

Directores de la tesis

Dr. Jordi GRAELL

graell@tcal.udl.cat

Dr. Joan TOUS

joan.tous@tinet.fut.es

Resumen

El olivar de la comarca del Priorat se basa en el cultivo de la variedad ‘Arbequina’ y está incluido en la DOP “Siurana” (Tarragona), ocupando unas 2.900 ha que producen 4.700 t de aceitunas y 900 t de aceite, que debe competir con unas 100.000 t de aceite de esta variedad producidas en todo el mundo, más de la mitad fuera de Cataluña y con tecnologías de producción modernas que permiten reducir los costes y mejorar la rentabilidad. Por este motivo, los productores de la zona fundaron la Asociación de Oleicultores del Priorat (AOP) con el fin de crear una estructura comercial que permitiera acceder a mercados de alto precio, parecidos a los que utilizan los vinos de calidad de la comarca. La AOP firmó, en 2002, un convenio con el IRTA y el DAAM para desarrollar un programa científico-técnico que permitiera la caracterización y tipificación de los aceites de la comarca, estableciendo criterios objetivos de selección de aquellos aceites de calidad superior y diferenciable del resto de aceites de ‘Arbequina’ de Cataluña, para facilitar su comercialización. La presente tesis doctoral incluye todos los aspectos científicos sobre los que se fundamenta la aplicación comercial de este programa.

Los objetivos que se plantean son: (1) caracterizar los aceites producidos en la comarca, a nivel físico-químico y sensorial; (2) constatar si estos aceites son objetivamente diferentes de los de otras zonas producidos con la misma variedad ‘Arbequina’; (3) identificar en qué consiste su tipicidad, relacionándola con factores propios del clima y suelos de la comarca; y (4) caracterizar la olivicultura y elaiotecnia de la comarca.

Los trabajos se han desarrollado durante seis campañas (2002-03 a 2008-09) y se basan en el análisis sistemático de prácticamente el 100% de los aceites producidos en la comarca durante esos años (6.308.124 litros), la descripción de la olivicultura de la zona (mediante encuesta) y de los procesos extractivos (descripción de las instalaciones y anotación de las condiciones de proceso en campaña) y el estudio de la relación existente entre el aceite y los factores tanto de producción como edáficos y climáticos. En los aceites se han analizado las características sensoriales, parámetros físico-químicos de calidad, ácidos grasos, esteroides, polifenoles totales, índice de amargor, estabilidad y, en algunos casos, ceras y compuestos volátiles. La metodología utilizada se basa en los numerosos trabajos de tipificación y caracterización de aceites de oliva virgen, normalmente asociados a DOP españolas e italianas, cuya fiabilidad está relacionada con la representatividad de las muestras de aceite analizadas y que aplican técnicas estadísticas univariantes y multivariantes diversas.

Los resultados demuestran que hasta un 54% de los aceites de la zona Priorat, elaborados mayoritariamente con ‘Arbequina’, pueden diferenciarse objetivamente de los de otras zonas productoras del mundo que utilizan la misma variedad, incluso de las vecinas Garrigues y Siurana-Camp. Dichas diferencias lo son tanto a nivel sensorial (principalmente los atributos picante, aromas secundarios, frutado, astringencia y dulzor), como a nivel de ácidos grasos (principalmente palmitoleico, oleico, palmítico y esteárico). Existe una variabilidad intrazonal (inferior al 20% en todos los parámetros, excepto los esteroides) que parece aleatoria en el caso de atributos sensoriales y que, en el caso de la composición química, está relacionada con factores geográficos, de técnicas de cultivo y de clima de cada municipio. Las diferencias respecto de otras zonas vecinas, donde se cultiva la misma variedad, están relacionadas con la orografía y geología particular de la comarca (más del 50% de plantaciones están a más de 400 m de altitud y sobre suelos del Paleozoico de baja fertilidad y con zonas de transición hacia suelos sedimentarios del cuaternario hacia el Camp de Tarragona y del terciario hacia Les Garrigues) y con el clima particular y bastante homogéneo en toda la zona (régimen termopluriométrico de tipo “mediterráneo prelitoral sur”, con transición hacia el “mediterráneo continental seco” de Les Garrigues y el “mediterráneo litoral sur” del Camp de Tarragona). Se ha definido un modelo matemático para predecir si una partida de aceitunas tiene posibilidades de producir aceites de calidad suficiente para su diferenciación, así como funciones discriminantes de Fischer para determinar si el perfil sensorial o la composición en ácidos grasos de un aceite son típicos de la comarca del Priorat y, por tanto, diferenciables de las zonas vecinas.

Actualmente, estos resultados sirven de base para establecer las estrategias comerciales de venta de los aceites del Priorat. Los almazareros y envasadores escogen aquellos aceites considerados como típicos de la zona para su envasado (se ha pasado desde un 20% al inicio del programa hasta el 65% actual), dedicando el resto de la producción al autoconsumo y al mercado de graneles.

Resum

L'olivicultura de la comarca del Priorat es basa en la varietat 'Arbequina' i està inclosa dins la DOP "Siurana" (Tarragona) on ocupa unes 2.900 ha que produeixen 4.700 t d'olives i 900 t d'oli, que ha de competir amb unes 100.000 t d'oli d'aquesta varietat produïdes a tot el món, més de la meitat fora de Catalunya i amb tecnologies de producció modernes que permeten reduir costos i millorar la rendibilitat. Per aquest motiu els productors de la zona van fundar l'Associació d'Oleicultors del Priorat (AOP) amb la finalitat de crear una estructura comercial que permetés accedir a mercats d'alt preu, semblants als que utilitzen els vins de qualitat de la comarca. La AOP signà el 2002 un conveni amb l'IRTA i el DAAM per a desenvolupar un programa científic-tècnic que permetés la caracterització i tipificació dels olis de la comarca, establint criteris objectius de selecció d'aquells olis de qualitat superior i diferenciable de la resta d'olis de 'Arbequina' de Catalunya, per a facilitar la seva comercialització. Aquesta tesi doctoral inclou tots els aspectes científics sobre els que està fonamentada l'aplicació comercial d'aquest programa.

Els objectius fixats són: (1) caracteritzar els olis produïts a la comarca, a nivell fisicoquímic i sensorial; (2) constatar si aquests olis són objectivament diferents dels d'altres zones, produïts amb la mateixa varietat 'Arbequina'; (3) identificar en què consisteix la seva tipicitat, relacionant-la amb factors propis del clima i sòls de la comarca; i (4) caracteritzar l'olivicultura i elaiotècnia de la comarca.

Els treballs s'han desenvolupat durant sis campanyes successives (2002-03 a 2008-09) i es basen en l'anàlisi sistemàtica de pràcticament el 100% dels olis produïts a la comarca durant aquests anys (6.308.124 litres), la descripció de l'olivicultura de la zona (mitjançant enquesta) i dels processos d'extracció (descripció de les instal·lacions i anotació de les condicions de procés en campanya) i l'estudi de la relació existent entre l'oli i els factors de producció, edàfics i climàtics. Als olis s'han analitzat les característiques sensorials, paràmetres fisicoquímics de qualitat, àcids grassos, esterols, polifenols totals, índex d'amargor, estabilitat i, en alguns casos, ceres i compostos volàtils. La metodologia utilitzada és similar a la dels nombrosos treballs de tipificació i caracterització d'olis d'oliva verge, normalment associats a DOP espanyoles i d'Itàlia, la qual fiabilitat està relacionada amb la representativitat de les mostres d'oli analitzades i que apliquen tècniques estadístiques univariants i multivariants diverses.

Els resultats demostren que fins un 54% dels olis de la zona Priorat, elaborats majoritàriament amb 'Arbequina', es poden diferenciar objectivament dels d'altres zones productores del món que utilitzen la mateixa varietat, inclús de les veïnes Garrigues i Siurana-Camp. Aquestes diferències ho són tant a nivell sensorial (principalment els atributs picant, aromes secundàries, fruitat, astringència i dols), como a nivell d'àcids grassos (principalment palmitoleic, oleic, palmític i esteàric). Existeix una variabilitat intrazonal (inferior al 20% en tots els paràmetres, excepte els esterols) que sembla aleatòria en el cas d'atributs sensorials i, en el cas de la composició química, està relacionada amb factors geogràfics, de tècniques de cultiu i de clima de cada municipi. Les diferències respecte d'altres zones veïnes on es cultiva la mateixa varietat estan relacionades amb l'orografia i geologia particular de la comarca (més del 50% de plantacions estan a més de 400 m d'altitud i sobre sòls del Paleozoic de baixa fertilitat i amb zones de transició cap a sòls sedimentaris del quaternari cap al Camp de Tarragona i del terciari cap a Les Garrigues) i amb el clima particular i bastant homogeni a tota la zona (règim termo-pluviomètric de tipus "mediterrani prelitoral sud", amb transició cap a "mediterrani continental sec" a Les Garrigues i "mediterrani litoral sud" al Camp de Tarragona). S'ha definit un model matemàtic per a predir si una partida d'olives té possibilitats de produir olis de qualitat suficient per a la seva diferenciació, així com funcions discriminants de Fischer per a determinar si el perfil sensorial o la composició en àcids grassos d'un oli són típics de la comarca del Priorat i, per tant, diferenciables de les zones veïnes.

Actualment, els resultats d'aquests treballs serveixen de base per a establir les estratègies comercials de venda dels olis del Priorat. Els moliners i envasadores trien aquells olis considerats com típics de la zona per a ser envasats (s'ha passat del 20% al inici del programa fins al 65% actual), dedicant la resta de la producció a l'autoconsum i al mercat a doll

Abstract

Olive production in the Priorat area raws on 'Arbequina' cultivar and is included into PDO "Siurana" (Tarragona), with 2.900 ha and yielding 4.700 t fruits in average, equivalent to 900 t of virgin oil. This oil competes with 100.000 t of oil from the same cultivar produced worldwide (more than a half out of Catalonia and using new technologies to reduce costs and enhance profitability). This was the reason to promote the Priorat's Producer Association (PPA) in order to build a commercial structure to gain high value markets, similar to those used by high quality wines of this area. PPA proposed in 2002 an agreement with IRTA and the Agricultural Services from the Catalan Government with the aim to develop a scientific and technical program to characterize and differentiate virgin oils from Priorat and setting objective criteria to select high quality oils different from others 'Arbequina'. This ought to improve current commercialization. This thesis includes all scientific aspects supporting the commercial application of the program.

Research goals were: (1) to characterize oils from Priorat using physic, chemical and sensorial parameters; (2) to assess if these oils can be differentiated from others produced with the same cultivar 'Arbequina' in other regions; (3) to test their "typicality", related to Priorats' climate and soil characteristics; and (4) to characterize olive production and mill technology in Priorat.

The study was carried out during a six years period (2002-03 to 2008-09 harvests) with systematic analysis of almost 100% virgin oil produced in the area (6.308.124 liters). Olive crop production was studied using a questioner, while mill technology was assessed by registering processing conditions along harvest every year. The relationship between oil quality and climate, soils and cultural practices was studied. Chemical parameters analyzed were: sensory profile, physic and chemical quality parameters, fatty acids, sterols, total polyphenols, bitterness index, stability and, sometimes, waxes and volatiles. Methodology was similar to that applied in many scientific studies on virgin oil characterization in wide areas, usually linked to PDO in Spain and Italy. Results reliability depends on oil sampling representativeness. Both univariate and multivariate statistics were used.

Results show that up to 54% of Priorat virgin oils made with 'Arbequina' can be classified to be typical and different from other producing regions, even the neighboring areas of Garrigues and Siurana-Camp. Such differences are both sensorial (mainly pungency, secondary aromas, fruity, astringency and sweet) and chemical (fatty acids palmitoleic, oleic, pamic, and stearic). Variability between Priorat areas, is lower than 20% (except for sterols) and seems to be random for sensory profile while is related to geography, cultural practices and climate, for chemical composition. Differences to other regions with the same cultivar are related to the Priorat's geography and geology (more than 50% orchards are placed higher than 400 m and over soils from Paleozoic with low fertility with transitions to quaternary sedimentary soils towards Camp of Tarragona and transitions to tertiary sedimentary soils towards Garrigues) and climate (Priorat's climate belongs to "south pre-littoral Mediterranean" with transitions to "dry continental Mediterranean" towards Garrigues and transitions to "south littoral Mediterranean" towards Camp of Tarragona). A mathematic model was fitted which makes possible to decide if an olive lot is able to produce virgin oil of enough quality to be classified as typical of Priorat. Fischers' discriminate functions were fitted that make possible to decide if a virgin oil sample has a fatty acid composition or a sensory profile characteristics from Priorat and different to other regions.

Currently, these results are used to establish commercial strategies to sell Priorat virgin oils. The oil producers from this area select those more characteristics oils to be retailed (this increased from 20% at the beginning of the program to currently 65%) while the standard oils are used to self consumption or for bulk market.

Agraïments

El meu agraïment als directors d'aquesta tesis doctoral, el Dr. Jordi Graell i el Dr. Joan Tous, que m'han animat sempre a seguir, donant-me tota la confiança en la meua particular manera d'enfocar aquest treball.

A l'IRTA que ha donat suport a una línia de treball compromesa amb el sector oleícola català, tot i que al principi no semblava que podria donar lloc a un resultat científic com aquest.

A l'Associació d'Oleicultors del Priorat, que ens va fer confiança i s'ha esforçat en obrir una via comercial difícil, a partir de les dades que any rere any els anàvem donant. La seua progressió era la demostració pràctica de que les hipòtesis d'aquesta tesis eren encertades.

Molt especialment a Esteve Martí, que d'un principi va creure en el projecte i s'hi va implicar posant tot l'esforç per tirar endavant la feina, sense por a les jornades de 10 i 12 hores en ple hivern. La seua ma esquerra amb els moliners i gerents de les cooperatives ha estat la clau perquè any rere any es renovés la confiança de les juntes en l'IRTA i s'anés escampant la nostra proposta, com gota d'oli, per a totes les zones oleícoles catalanes.

Al Josep M. i al Salvador, que sempre estan disposats a incloure una mostra més en la desbordant activitat de la plena collita de l'oliva i que sempre han mostrat interès pel desenvolupament dels programes de molins. A la Marta, que va començar amb tasques de recolzament a l'activitat i ara ja és capaç de responsabilitzar-se de la gestió d'una DOP ella sola.

El Juan Fco., reposat i pràctic, que sempre m'ha escoltat i ajudat amb els dubtes sobre les bases teòriques del funcionament dels molins.

A la resta de companys d'Olivicultura, Elaiotècnia i Fruita Seca, que sempre han mostrat interès per l'activitat i han sabut mantenir operatives la resta de línies del departament en la plena campanya de l'oliva, quan nosaltres estem tan absorbits. Gràcies per la seua comprensió.

Al SIG-PAC DAR per facilitar les dades estadístiques sobre superfícies declarades de coureu d'olivera al Priorat.

Al Panell de Tast Oficial d'Olis Verges d'Oliva de Catalunya per la seua professionalitat i independència de criteri. La seua tasca és una de les eines més potents que té el sector oleícola català per afrontar els reptes actuals i del futur.

Als companys de l'IRTA-Monells, especialment a la Isabel i l'Eugeni, que han realitzat una part de les analítiques de composició i sempre s'han mostrat entusiasmats amb tot allò que té que veure amb la qualitat dels olis catalans.

A les revisions preliminars fetes per la Dra. Vanina Cornejo (MTA-San Juan de Argentina) i Antonia Ninot (IRTA-Mas de Bover), les seves aportacions han resultat molt útils per a configurar el present document.

A Lluís Torres, assessor en estadística de l'IRTA, a qui tantes vegades he consultat conceptes sobre aquesta ciència alhora freda i útil. Mai em vaig perdre un curs del seu. El trobaré a faltar.

Molt especialment al Joan Tous, amb qui tantes coses hem compartit. Amb una capacitat de treball il·limitada, la seva visió pràctica dels problemes ha permès transmetre als nostres sectors que a Mas de Bover avancem feina per a problemes futurs, tocant de peus a terra, i aportant solucions que, tard o d'hora, s'ha demostrat que tenien sentit. La seva estima per l'olivera, fins i tot quan tothom pensava que s'havia de substituir el conreu, ha permès que el sector català sempre tingués a punt noves eines de diferenciació. L'esperit dels programes de millora de la qualitat dels olis catalans és el seu, i sempre ha sabut donar confiança al seu equip per tal que desenvolupéssim la seva idea de la manera més eficaç possible.

Finalment, a la meua família, que han sabut regalar-me tantes hores com m'han fet falta per desenvolupar i redactar aquesta tesis. Elles m'han encoratjat a seguir. No ho hauria pogut fer sense el seu suport.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	11
1.1. GENERALIDADES.....	13
1.2. CALIDAD DEL ACEITE DE OLIVA VIRGEN	13
1.2.1. <i>Normas de calidad del aceite de oliva virgen</i>	13
1.2.2. <i>Composición química del aceite de oliva virgen</i>	14
1.2.3. <i>Análisis sensorial de aceites de oliva virgen</i>	17
1.2.4. <i>Índice global de calidad</i>	20
1.3. DENOMINACIONES DE ORIGEN PROTEGIDAS DE ACEITE	21
1.4. PROCESOS DE EXTRACCIÓN DEL ACEITE VIRGEN	24
1.4.1. <i>Recepción y acondicionamiento del fruto</i>	25
1.4.2. <i>Trituración</i>	26
1.4.3. <i>Batido</i>	26
1.4.4. <i>Centrifugación de la pasta batida (decánter)</i>	28
1.4.5. <i>Centrifugación/Decantación de líquidos (centrífuga vertical)</i>	30
1.4.6. <i>Almacenamiento</i>	31
1.4.7. <i>Filtrado y envasado</i>	31
2. ANTECEDENTES.....	33
2.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE FUENTES DE VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL ACEITE	33
2.2. PROGRAMA DAAM-IRTA-AOP DE MEJORA DE LA CALIDAD DE LOS ACEITES DEL PRIORAT	40
2.3. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	41
2.4. CARACTERÍSTICAS EDAFO-CLIMÁTICAS DE LA ZONA	43
2.4.1. <i>Origen geológico de los suelos</i>	43
2.4.2. <i>Fertilidad de los suelos</i>	46
2.4.3. <i>Climatología</i>	49
3. OBJETIVOS	57
4. MATERIAL Y MÉTODOS.....	59
4.1. DURACIÓN DEL ESTUDIO	59
4.2. TOMA DE MUESTRAS	59
4.3. DESCRIPCIÓN EDAFO-CLIMÁTICA DE LA ZONA	61
4.4. ENCUESTA DE CULTIVO	62
4.5. DESCRIPCIÓN DE LAS VARIEDADES DE LA ZONA.....	63
4.6. DESCRIPCIÓN DE LAS TÉCNICAS DE CULTIVO.....	64
4.7. DESCRIPCIÓN DE LAS ALMAZARAS Y BODEGAS	64
4.8. DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES DE ELABORACIÓN EN CAMPAÑA	66
4.9. DETERMINACIONES ANALÍTICAS EN LAS ACEITUNAS, COMO MATERIA PRIMA DE LOS ACEITES	66
4.10. DETERMINACIONES ANALÍTICAS EN EL ACEITE	67
4.11. TIPIFICACIÓN DE LOS ACEITES DEL PRIORAT	72
4.12. ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS	74
4.12.1. <i>Fuentes de contaminación microbiana</i>	74
4.12.1.1. <i>Contaminación microbiana en diferentes puntos del patio de recepción de frutos de la cooperativa</i> 74	
4.12.1.2. <i>Efecto del agua de lavado de frutos sobre el nivel de contaminación microbiana y sobre las características del aceite</i>	75
4.12.2. <i>Características del fruto determinantes de la calidad del aceite</i>	76
4.12.3. <i>Variaciones de composición y de perfil sensorial asociados a la mezcla de aceites de ‘Arbequina’ con otras variedades</i>	76
4.12.3.1. <i>Mezcla de ‘Arbequina’ a diferentes concentraciones con aceite de ‘Koroneiki’</i>	76

4.12.3.2.	Mezcla de aceite de 'Arbequina' con un 25% de otras variedades	77
4.13.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	77
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	81
5.1.	CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL VEGETAL (VARIEDADES)	81
5.2.	CARACTERIZACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE CULTIVO	87
5.2.1.	<i>Tipología de las parcelas</i>	88
5.2.2.	<i>Riego</i>	91
5.2.3.	<i>Abonado</i>	92
5.2.4.	<i>Mantenimiento del suelo</i>	94
5.2.5.	<i>Poda</i>	95
5.2.6.	<i>Tratamientos fitosanitarios</i>	96
5.2.7.	<i>Recolección y transporte de aceitunas</i>	99
5.3.	CARACTERIZACIÓN DE LAS ALMAZARAS Y BODEGAS	101
5.3.1.	<i>Sistemas de extracción</i>	101
5.3.2.	<i>Tipo de decanter</i>	104
5.3.3.	<i>Patio de recepción de frutos</i>	106
5.3.4.	<i>Coadyuvantes tecnológicos</i>	109
5.3.5.	<i>Almacenamiento de aceites</i>	111
5.4.	CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES DE EXTRACCIÓN EN CAMPAÑA	114
5.5.	CARACTERIZACIÓN DE LAS ACEITUNAS COMO MATERIA PRIMA	119
5.5.1.	<i>Varietades</i>	119
5.5.2.	<i>Índice de madurez y contenido de aceite</i>	121
5.5.3.	<i>Estado sanitario y alteraciones</i>	122
5.5.4.	<i>Fuentes de contaminación microbiana</i>	125
5.5.4.1.	Contaminación microbiana en diferentes zonas del patio de recepción de frutos de la cooperativa	125
5.5.4.2.	Efecto del agua de lavado de frutos sobre el nivel de contaminación microbiana y sobre las características del aceite	129
5.5.5.	<i>Características del fruto determinantes de la calidad del aceite</i>	131
5.6.	CARACTERIZACIÓN DE ACEITES	136
5.6.1.	<i>Clasificación comercial de aceites</i>	136
5.6.2.	<i>Características medias de los aceites de categoría "extra"</i>	138
5.6.2.1.	Características sensoriales medias	138
5.6.2.2.	Características sensoriales extremas	140
5.6.2.3.	Composición en ácidos grasos	142
5.6.2.4.	Composición en esteroides y otros compuestos menores	145
5.6.2.5.	Contenido en polifenoles y estabilidad	145
5.6.3.	<i>Variaciones de composición y de perfil sensorial asociadas a la mezcla de aceites de 'Arbequina' con otras variedades</i>	147
5.6.3.1.	Mezcla de 'Arbequina' a diferentes concentraciones con aceite de 'Koroneiki'	147
5.6.3.2.	Mezcla de aceite de 'Arbequina' con un 25% de otras variedades	150
5.6.4.	<i>Variaciones de composición y de perfil sensorial asociadas a la zona y al factor año</i>	153
5.6.4.1.	Variaciones en la composición de ácidos grasos	153
5.6.4.2.	Variaciones en el contenido en polifenoles, amargor y estabilidad	161
5.6.4.3.	Variaciones en el contenido en esteroides y compuestos menores	166
5.6.4.4.	Variaciones en los atributos sensoriales del aceite virgen "extra"	173
5.7.	TIPIFICACIÓN DE ACEITES DE LA ZONA PRIORAT, EN RELACIÓN A OTRAS ZONAS DE PRODUCCIÓN DE ACEITES DE 'ARBEQUINA'	179
5.7.1.	<i>Composición en ácidos grasos</i>	180
5.7.2.	<i>Características sensoriales</i>	186
6.	CONCLUSIONES	195
7.	BIBLIOGRAFIA CITADA	199
8.	ÍNDICE DE FIGURAS	211
9.	ÍNDICE DE TABLAS	215
10.	ANEJO 1. CONDICIONES DE FABRICACIÓN	221

Abreviaturas

Agar MRS: Agar desarrollado por Man, Rogosa y Sharpe.
Agar MYP: Mannitol-Egg-yolk-Polymyxine-Agar.
ANCOVA: Análisis de la Covarianza.
ANOVA: Análisis de la Varianza.
AOP: Associació d'Oleicultors del Priorat.
CDP: Consorci per al Desenvolupament del Priorat.
Cent.Vert.: Centrífuga vertical.
Cfu: Unidades formadoras de colonia.
COI: Consejo Oleícola Internacional.
CSIC: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
CV: Coeficiente de variación.
DAAM: Departament d'Agricultura, Acció Rural i Medi Ambient.
DOP: Denominación de Origen Protegida.
DVB/CAR/PDMS: fibra para cromatografía de
Divinilbenzeno/Carboxen/Polidimetilsiloxano.
ENAC: Empresa Nacional de Acreditación.
EPOXI: resina epoxídica.
ETC: Evapotranspiración del cultivo.
ETP: Evapotranspiración potencial.
GC: Cromatografía de Gases.
GC/MS: Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas.
GLM: Análisis estadístico según un modelo lineal general.
HS: Cromatografía del espacio de cabeza.
IGC: Índice Global de Calidad.
INOX: Acero inoxidable.
IRTA: Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries.
LOX: Lipoxigenasa.
LSMEANS: Estimación de medias por mínimos cuadrados.
MANOVA: Análisis multivariante de la varianza.
MS: Espectrometría de Masas.
MUFA: monounsaturated fatty acids (ácidos grasos monoinsaturados).
NIR: Near Infrared (infrarojo cercano)
NIST: National Institute of Standards and Technology.
PE: Polietileno.
PITA: Producción e Innovación Tecnológica Agraria de Cataluña .
PVC: Policloruro de vinilo.
r: Coeficiente de correlación de Pearson.
SIG: Servicio de Información Geográfica.
SPME: Microextracción en fase sólida.
UV: Ultravioleta.

1. INTRODUCCIÓN

La variedad de olivo mayoritaria en la comarca del Priorat (Cataluña) es la ‘Arbequina’ y su producción queda incluida en la Denominación de Origen Protegida (DOP) “Siurana” (Tarragona). La superficie aproximada de olivos en esta comarca es de unas 2.900 ha, que producen unas 4.700 t de aceitunas y unas 900 t de aceite virgen, el cual se comercializa mayoritariamente a granel (78% en 2002, aunque actualmente está en torno al 33% a raíz de la actividad desarrollada y explicada en el presente proyecto de tesis).

El mercado mundial de aceites de ‘Arbequina’ puede estimarse que ha aumentado desde las 10.000 t de los años 90, cuando casi todo se producía en Cataluña, hasta las cerca de 100.000 t de la actualidad, más de la mitad de las cuales se producen fuera de esta Comunidad Autónoma, principalmente en Andalucía y Aragón, así como otros países (Chile, Argentina, EEUU...) Así pues, es evidente que empieza a ser necesario diferenciarse dentro del mercado global de aceites de ‘Arbequina’, al igual que ocurre con otras variedades.

El objetivo principal de las DOP consiste, precisamente, en buscar esta diferenciación basada en la zona de origen, existiendo evidencias científicas que avalan el efecto diferencial de las condiciones edáficas y climáticas de una zona sobre las características de los aceites vírgenes de oliva producidos en la misma (Ranalli et al., 1999; Aparicio y Luna, 2002; Carrasco et al., 2008).

El Reglamento (CE) nº 510/2006 del Consejo de 20 de marzo de 2006 sobre la protección de las indicaciones geográficas y de las denominaciones de origen de los productos agrícolas y alimenticios, especifica claramente que deben indicarse los elementos que justifican el vínculo entre el producto y el medio geográfico. En este sentido, existen diversos estudios de caracterización de los aceites producidos de diversas zonas de España (Tous y Romero-Aroca, 1994a; Salvador et al., 2001; Fernández et al., 2002, Romero et al., 2003; Romero-Aroca y Tous, 2008) y otros países (Bianchi et al., 2002; El Antari et al., 2003; García-González et al., 2009). Dichos estudios demuestran que la composición química del aceite de una zona amplia, si existe una variedad dominante, presenta atributos diferenciales respecto de los aceites de otras zonas de cultivo.

En los últimos años, se han publicado diversos estudios que demuestran la utilidad de diferentes técnicas de análisis estadístico multivariante para analizar la “tipicidad” (entendida como el conjunto de características esenciales del aceite de una zona) o la “especificidad” (entendida como el conjunto de características que diferencia un aceite de otros) de los aceites producidos en zonas amplias, pero con algún factor común, ya sea edafoclimático o varietal. Dichas técnicas permiten analizar de manera conjunta un volumen elevado de muestras, con un elevado número de parámetros. Algunos de estos estudios se orientan a buscar la “autenticidad” (entendida como garantía de cumplimiento de las normas) de los aceites, mediante el uso de técnicas estadísticas multivariantes, basadas en el análisis de componentes del aceite, que permitan identificar mezclas fraudulentas con aceites exteriores a una zona concreta, normalmente protegida por una DOP (Boggia, R., 2002; Alves et al., 2005; Alonso-Salces et al., 2010). Otros estudios analizan la utilidad de diversas técnicas estadísticas de clasificación multivariante para diferenciar aceites de zonas más o menos próximas y con variedades diversas (Bianchi et al., 2002; Ballabio et al., 2006), o entre variedades diferentes dentro de una misma zona (Mannina et al., 2001; Lanteri et al., 2002).

En el caso concreto del Priorat cabe destacar el trabajo de Guimet et al. (2005), que demostraron, mediante espectroscopía de fluorescencia, que los aceites de esta zona tienen un contenido significativamente superior de vitamina-E que el resto de aceites producidos en las zonas litorales de la DOP “Siurana”. Este estudio abre la puerta al análisis de otros compuestos que también presenten diferencias entre zonas.

Todos estos trabajos demuestran la posibilidad de diferenciar objetivamente aceites de amplias zonas geográficas, analizando diferentes componentes del aceite y utilizando técnicas estadísticas multivariantes. Sin embargo, la mayor parte de estos estudios se han realizado en Italia y muy pocos en España. Por otra parte, aunque en todos los trabajos se sugiere que debe existir una razón para dicha “tipicidad”, normalmente relacionada con factores tales como el clima, la variedad, la maduración, las técnicas de cultivo y los sistemas de extracción, en ninguno de ellos se analizan dichas relaciones de manera conjunta y exhaustiva.

La presente tesis doctoral analiza si es posible diferenciar objetivamente, tanto a nivel sensorial como químico, los aceites producidos en la comarca del Priorat (Tarragona) respecto de otros aceites elaborados con la misma variedad ‘Arbequina’ en las zonas

vecinas. También se pretende definir cuáles son los parámetros sensoriales y químicos con mayor capacidad discriminante y establecer cuál es su relación con los factores edafoclimáticos, agronómicos y elaiotécnicos característicos de la zona, que también serán objeto de estudio y caracterización.

1.1. Generalidades

El olivo ocupa, a nivel mundial, unas 10.270.000 ha, con una producción de aceite que alcanzó los 2.866.000 t en la campaña 2008/09. Cerca del 80% de la producción mundial se origina en la Unión Europea, especialmente en España, que representa más del 51% del aceite de oliva europeo (COI, 2009).

España es el principal productor mundial de aceite de oliva virgen, con unas 2.280.579 ha de olivar de aceituna de almazara y una producción media (2008-2010) de aceite de 1.212.000 t (MARM, 2010). Las comunidades con mayor superficie de olivar de aceite son Andalucía (61,7%), Castilla-La Mancha (14,7%), Extremadura (8,8%), Cataluña (5,4%), Comunidad Valenciana (4,2%), Aragón (2,1%), Madrid (1,1%) y Región de Murcia (1,0%).

El olivo en Cataluña es el cultivo leñoso más importante a nivel superficial (39% del total); ocupa 122.792 ha y produce unas 35.000 t de aceite (MARM, 2010); cerca del 13% se cultiva en regadío. El 60% del olivar catalán se concentra en la provincia de Tarragona, mientras que Lleida representa el 34% y el 6% restante se reparte entre Barcelona y Girona.

La comarca tarraconense del Priorat tiene una superficie de olivar de 2.932 ha (31% en regadío), con una producción media de 4.700 t de aceitunas y unas 900 t de aceite virgen (DAR, 2008).

1.2. Calidad del aceite de oliva virgen

1.2.1. Normas de calidad del aceite de oliva virgen

Los parámetros que definen la calidad del aceite de oliva virgen vienen definidos por la norma UE 2568/91 (consolidada) y COI/T.15/NC nº3/Rev 2 de 24-11-2006. En resumen, dichos parámetros determinan la presencia o no de alteraciones del fruto o del aceite, a nivel hidrolítico (índice de acidez), oxidativo (índice de peróxidos y

absorbancia en el ultravioleta a 232 y 270 nm) o fermentativo (análisis sensorial con paneles de catadores).

En función de dichos parámetros, el aceite queda clasificado en tres posibles categorías: “extra”, “virgen” o “lampante”, siendo susceptibles de ser envasados los dos primeros y debiéndose refinar el último, sirviendo el aceite refinado de base para la confección de los denominados “aceites de oliva”, tras su mezcla con una cierta proporción de aceite “extra” o “virgen”.

Por otra parte, las normas comerciales también regulan la aplicación de diferentes técnicas de análisis para la detección de mezclas fraudulentas (“extra” o “virgen” con refinado, con aceite de orujo o con otros aceites vegetales).

El aceite virgen de categoría “extra” es el de mayor calidad y donde pueden identificarse atributos sensoriales relacionados con la aceituna, la zona de producción y el sistema de extracción (Bianchi, 1999). Así, sus características sensoriales y químicas dependen de la variedad, el grado de maduración, el clima, las técnicas de cultivo (principalmente el riego), las condiciones de batido (temperatura y tiempo), la cantidad de agua utilizada en el proceso extractivo, etc.

1.2.2. Composición química del aceite de oliva virgen

La composición química del aceite de oliva virgen está ampliamente descrita en numerosas publicaciones, siendo quizás el compendio más completo y actualizado el de Graciani (2006).

A título de resumen, relacionado con los parámetros químicos que se han utilizado en el presente proyecto de tesis, cabe remarcar que el principal componente del aceite son los triglicéridos de **ácidos grasos** (98% aprox.). La composición en ácidos grasos de un aceite difiere según la especie vegetal de que se trate y, en el caso concreto del olivo, también existen diferencias entre variedades, grado de maduración y zona de producción. En el aceite de oliva, el principal ácido graso es el ácido oleico, formado por una cadena de 18 átomos de carbono y una insaturación en la posición n-9 (C18:1 o C18:1 n:9); siguiendo la misma nomenclatura están los ácidos palmítico (C16:0), palmitoleico (C16:1), margárico (C17:0), margaroleico (C17:1), esteárico (C18:0), linoleico (C18:2), linolénico (C18:3), araquídico (C20:0), gadoleico (C20:1), behénico (C22:0) y lignocérico (C24:0).

En este sentido, resulta especialmente relevante la revisión realizada por Conde et al. (2008), para entender las diferencias de composición acídica de un aceite de una variedad concreta, relacionadas con factores que inciden en la síntesis de ácidos grasos. La lipogénesis requiere azúcares para sintetizar ácidos grasos; así, la glicolisis de azúcares proporciona piruvato que se transforma, por vía enzimática, a acetil-CoA que constituye el substrato inicial para la síntesis de la cadena carbonada de los ácidos grasos. La síntesis de ácidos grasos progresa, en el interior de los cloroplastos de los frutos, hasta obtener ácidos palmítico, esteárico y oleico, que salen al retículo endoplasmático, donde por elongación dan lugar a ácidos grasos de mayor longitud y donde también se combinan con el glicerol, para dar lugar a los triglicéridos.

La Tabla 1 muestra los principales ácidos grasos del aceite de oliva virgen y los rangos de variación observados entre variedades y años en Cataluña (Tous et al., 2005a). Los coeficientes de variación son considerables, entre un 6 y un 45%.

Tabla 1.- Composición química del aceite de oliva virgen. Rangos de variación observados entre variedades y años en Cataluña (Tous et al., 2005a)

Compuesto	valor medio	rango de variación	coeficiente de variación (%)
C16:0 (%)	12,93	9,30 - 16,87	13,7
C16:1 (%)	1,20	0,52 - 3,03	44,6
C18:0 (%)	1,99	1,26 - 3,16	29,7
C18:1 (%)	71,13	61,23 - 82,13	6,6
C18:2 (%)	11,25	4,43 - 18,64	32,3
C18:3 (%)	0,90	0,45 - 1,24	23,5

El restante 2% del aceite incluye más de 230 compuestos, denominados usualmente componentes minoritarios o menores (Montedoro et al., 2007). Entre estas sustancias destacan los esteroides, alcoholes alifáticos y triterpénicos, hidrocarburos (como el escualeno), pigmentos (clorofilas, carotenos, feofitinas y luteína), tocoferoles, fosfolípidos, compuestos volátiles y compuestos polifenólicos. Entre todos ellos, los que tienen efecto antioxidante son los tocoferoles, carotenos y algunos polifenoles.

Los **compuestos polifenólicos** más abundantes en el aceite son los derivados secoiridoides (forma dialdehídica del ácido elenoico ligado al hidroxitirosol o al tirosol), seguidos de los lignanos, los fenoles simples (principalmente tirosol e hidroxitirosol) y los flavonoides de tipo aglicona (apigenina y luteolina); por otra parte,

pueden existir pequeñas cantidades de polifenoles más propios de la pulpa del fruto (oleuropeína y verbascósidos). La actividad antioxidante (de tipo antiradical) sólo la presentan los polifenoles con dos grupos –OH, como el hidroxitirosol y la oleuropeína (Morelló et al., 2005; Tripoli et al., 2005; Suárez et al., 2008).

Los polifenoles son también responsables de los atributos sensoriales de amargor, picor y astringencia (Gutiérrez et al., 1992), aunque algunos estudios (Andrews et al., 2003) sugieren que el atributo picante está relacionado, casi exclusivamente, con un secoiridoide particular el p-HPEA-EDA (forma dialdehídica del ácido elenólico ligado al tirosol). Se trata también de compuestos que presentan variaciones considerables entre variedades, maduración, técnicas de cultivo (especialmente el riego) y sistema de extracción, principalmente las condiciones de batido y la cantidad de agua inyectada en el sistema (Ranalli et al., 2001a; Artajo et al., 2006a y 2007).

Los **esteroles** son alcoholes de alto peso molecular con una cadena lateral alifática que forman parte de la fracción insaponificable del aceite, pudiendo estar en forma libre o esterificada con ceras triterpénicas. En el aceite virgen, el esteroles mayoritario es el β -sitosterol, seguido del estigmasterol, así como de otros esteroides minoritarios. Aunque usualmente su análisis se relaciona con estudios de pureza, también existen trabajos donde se relaciona la composición esteróica con factores varietales, de maduración, de zona de producción y de proceso extractivo (Ajama et al., 1998; Berenguer et al., 2006; Lazzez et al., 2008; Gracia et al., 2009; Krichene et al., 2009; Ilyasoglu et al., 2010).

Las **ceras** son ésteres de ácidos grasos con alcoholes grasos, de longitud variable (entre 12 y 34 átomos de carbono). En el fruto se concentran en la piel y, durante el proceso de extracción, pueden quedar retenidas, en parte en el aceite virgen y en parte en el orujo, motivo por el cual su análisis suele asociarse a estudios de pureza.

Otros compuestos de interés son los **pigmentos** (clorofilas, carotenoides, feofitinas y luteína). Las clorofilas son pigmentos hidrosolubles responsables del color verde del aceite; su oxidación da lugar a las feofitinas, de color marrón, Los carotenoides son pigmentos lipofílicos responsables del color amarillo del aceite, siendo el mayoritario el β -caroteno, aunque en el aceite también se detectan pequeñas proporciones de luteína.

Finalmente, los **compuestos volátiles** son los responsables del aroma del aceite de oliva virgen. Existe una amplia bibliografía donde se relacionan distintos compuestos

aromáticos identificados en el aceite (Angerosa et al., 2000b y 2004; Dabbou et al., 2009; Vekiari et al., 2010). La mayor parte de aromas responsables del frutado de aceituna y sus matices verdes son los que derivan de la acción de la lipoxigenasa (LOX) sobre los ácidos linoleico y linolénico (Angerosa et al., 1998; Lerker et al., 1999; Morales et al., 1999; Padilla et al., 2009). De manera resumida (Servili et al., 2011), la LOX promueve la formación del 9- y del 13-hidroperóxido de dichos ácidos grasos. Posteriormente, la acción de liasas específicas rompe los peróxidos para formar aldehídos C₆, que si son insaturados, pueden pasar de la configuración cis-3 a la trans-2 (más estable), por la acción de una isomerasa; por otra parte, los aldehídos C₆ pueden ser reducidos a los correspondientes alcoholes (por la alcohol-desidrogenasa), que a su vez dan lugar a ésteres (por la alcohol-acetil-transferasa). Cada uno de estos compuestos puede asociarse a determinados aromas vegetales, como el frutado verde, manzana, hierba, plátano, hoja, floral, etc. (Lercker et al., 1999). En el caso concreto de que el substrato sea el ácido linolénico, la LOX puede catalizar la formación de radicales estables 1,3-penteno, que pueden dimerizarse para formar hidrocarburos C₁₀ (dímeros penteno), o pueden reaccionar con un radical hidroxilo originando alcoholes C₅, que a su vez pueden oxidarse a compuestos carbonilo C₅ (Servili et al., 2011).

1.2.3. Análisis sensorial de aceites de oliva virgen

El análisis sensorial de aceites vírgenes se basa en la identificación y cuantificación de los compuestos químicos responsables del sabor y aromas del aceite, percibidos por un grupo de catadores debidamente entrenados y trabajando en las condiciones específicas que definen las normas UE2568/91 y COI-T20/Doc.nº15 Rev.1 de 1996 y sus modificaciones posteriores (Romero-Aroca y Tous, 2005).

Los paneles están formados por un mínimo de ocho catadores que trabajan en condiciones muy controladas (cabinas individuales, ambiente controlado, copas de cata normalizadas, volumen fijo de aceite de 15 ml, temperatura unificada del aceite a 28±2°C, codificación y aleatorización de las muestras, trazabilidad, número máximo de muestras por sesión, etc.)

El análisis sensorial de aceites utiliza un conjunto fijo de descriptores, aceptado a nivel internacional, para la identificación y cuantificación de atributos positivos y defectos (Romero-Aroca et al., 1999).

Los atributos positivos son:

- Frutado de aceituna: aroma que recuerda al fruto y que puede presentar matices verdes o maduros. Se trata de una sensación compleja relacionada con la presencia de diversas moléculas aromáticas, muchas de las cuales se originan por vía enzimática durante el proceso de trituración y batido de los frutos.
- Amargo: sabor básico percibido en boca y relacionado con la presencia de polifenoles.
- Picante: sensación de pungencia percibida en la garganta, relacionada con la presencia de polifenoles.
- Atributos secundarios: aunque la norma actual no reconoce otros atributos, lo cierto es que las percepciones del catador son más complejas, siendo posible hacer una descripción más detallada de las mismas.
 - Aromas relacionados con el frutado de aceituna:
 - Verde: aroma vegetal que recuerda a la hierba recién cortada o a la hoja del olivo. Su percepción se relaciona con la presencia de compuestos volátiles de la vía de la lipoxigenasa.
 - Manzana: aroma que recuerda a dicha fruta y que está relacionada con la presencia del compuesto hexanal, de la vía de la lipoxigenasa.
 - Frutas maduras: aromas propios de frutas muy maduras, como el plátano, o las frutas rojas (fresa, mora...)
 - Otros aromas secundarios: se trata de matices aromáticos que recuerdan a plantas de huerta (como la alcachofa o la tomatera), a frutos secos verdes (almendra o nuez), a frutas verdes (plátano verde, ciruelas...), hierbas aromáticas (menta, albahaca...), etc.
 - Sensaciones de boca relacionadas con el amargo:
 - Astringencia: sensación de sequedad en boca debida a la presencia de ciertos polifenoles que se combinan con la saliva.
 - Dulce: sabor básico relacionado con la presencia de azúcares, pero también, en el caso particular del aceite, está relacionado con la falta de sensación de amargor.

Los atributos negativos son:

- Atrojado: sensación aromática relacionada con frutos fermentados por acción microbiana en ausencia de oxígeno.
- Borras: sensación aromática debida a la fermentación de las sustancias de decantación de la parte baja de los depósitos de aceite, por acción microbiana y en ausencia de oxígeno. Se trata de un defecto parecido al anterior en sus causas, pero que tiene una percepción diferente y normalmente muy desagradable.
- Moho-Humedad-Tierra: sensación aromática y también de boca que recuerda los frutos enmohecidos, normalmente procedentes del suelo o de trujales donde los frutos han permanecido demasiado tiempo antes de ser procesados.
- Avinado-Agrio-Avinagrado: aroma de etanol, de lácticos fermentados o de vinagre, debidos a la presencia de dichos compuestos por acción microbiana sobre los azúcares de la aceituna antes de ser procesadas.
- Rancio: sensación aromática propia de aceites viejos y oxidados.
- Otros defectos: debidos a distintas alteraciones de los frutos (aceitunas heladas, gusano, salmuera...) o del aceite (metálico, alpechín...)

La valoración de los resultados la realiza el jefe del panel, calculando la mediana de cada atributo así como su coeficiente de variación sólida (estadísticos especiales que pretenden relativizar el peso que las valoraciones extremas del grupo de catadores pueden tener sobre el valor medio de percepción del atributo). Si el coeficiente de variación sólida de los atributos que sirven para clasificar el aceite, supera el 20% debe repetirse la sesión de cata.

La clasificación del aceite la realiza el jefe del panel, a partir de los resultados del grupo, aplicando los siguientes criterios:

- “extra”: mediana del defecto de mayor intensidad igual a cero ($Md = 0$) e intensidad del frutado de aceituna positivo ($Mf > 0$).
- “virgen”: mediana del defecto de mayor intensidad entre cero y tres y medio ($0 < Md \leq 3,5$).
- “lampante”: mediana del defecto de mayor intensidad superior a tres y medio ($Md > 3,5$) o cualquier intensidad de defecto con mediana de frutado cero ($Mf = 0$).

Con el fin de garantizar la fiabilidad de los resultados, los paneles de cata oficiales deben estar certificados por la norma internacional ISO 17025. Entre otros requisitos, dicha norma exige trazabilidad, confidencialidad del origen de las muestras, un adecuado sistema documental y, especialmente, un exhaustivo sistema de control de la fiabilidad del grupo, tanto a nivel de exactitud como de precisión (Romero-Aroca et al., 2009).

En Cataluña, en 1997 se formó el “Panel de Cata Oficial de Aceites de Oliva Virgen de Cataluña”, adscrito al Departamento de Agricultura (DAAM) de la Generalitat de Cataluña y reconocido oficialmente por el Ministerio de Agricultura (MARM) y el Consejo Oleícola Internacional (COI). Se trata de un panel especialmente entrenado por el IRTA-Mas de Bover para el análisis descriptivo de aceites de todo tipo de variedades, orígenes y calidades (Romero-Aroca et al., 2001).

1.2.4. Índice global de calidad

El índice global de calidad (IGC) fue propuesto por Gutiérrez González Quijano (1987) y, posteriormente, aprobado por el COI (1990) como norma internacional. Este índice pretende expresar la calidad del aceite de oliva virgen mediante un valor numérico resultante de la función continua de los parámetros parciales de calidad: puntuación sensorial (PS, sobre una escala 0-9), acidez libre (IA, expresada en % de ácido oleico), índice de peróxidos (IP, en meq O₂/kg aceite) y absorción UV a 270 nm (K₂₇₀), según la expresión siguiente, que oscila entre los valores 0 y 10.

$$IGC = 2,55 + 0,91 \times PS - 0,78 \times IA - 7,35 \times K_{270} - 0,066 \times IP$$

Posteriormente, diversos autores propusieron modificaciones y mejoras a dicho índice, añadiendo nuevos parámetros analíticos, a medida que se iban desarrollando. Así, Uceda y Hermoso (1989) y Tous (1991) propusieron incorporar la medida de estabilidad del aceite, mientras que Solinas (1990) y Montedoro (1991) propusieron añadir el contenido en polifenoles totales, en hexanal (componente del aroma) y la relación campesterol/estigmasterol.

El IGC se vino aplicando hasta el año 2002 en que se modificó el método de valoración sensorial y dejaron de puntuarse los aceites, de manera que ya no era posible su inclusión en la expresión del IGC. Sin embargo, Romero-Aroca et al. (2009)

propusieron un método de cálculo de lo que denominaron “puntuación equivalente UE2568/91”, a partir de las intensidades medianas de los atributos sensoriales del aceite, principalmente el frutado, que presenta una buena correlación con la puntuación sensorial de dicha norma. Esta puntuación equivalente presenta los mismos valores que la original de la norma UE2568/91 y puede incorporarse directamente en la fórmula de cálculo del IGC del COI, tal y como se ha hecho en la presente tesis.

1.3. Denominaciones de Origen Protegidas de aceite

Las Denominaciones de Origen Protegidas (DOP) de aceites persiguen proteger zonas de producción tradicional que difícilmente podrían competir con la moderna olivicultura intensiva. Su objetivo es preservar producciones basadas en variedades clásicas en zonas geográficas más o menos amplias, pero características, y que dan lugar a un producto que el consumidor puede diferenciar del resto de aceites de oliva virgen producidos en el mundo.

Las DOP europeas se regulan por los reglamentos (CE) nº-510/2006 y (CE) nº-1898/2006 (Ruíz, 2008), existiendo en la actualidad 94 Denominaciones reconocidas en la Unión Europea (Tabla 2), de las cuales 25 están en España.

Tabla 2.- Denominaciones de Origen Protegidas de aceite de oliva virgen en Europa, año 2010 (<http://ec.europa.eu/agriculture/quality/door/list.html>)

País	Nº DOP reconocidas	Nº DOP en trámite
Italia	40	7
España	25	8
Grecia	16	2
Francia	7	--
Portugal	6	1
Total UE	94	18

En Cataluña existen 5 DOP (Doménech y Albalá, 2008; Romero-Aroca y Tous, 2008) ubicadas en diferentes comarcas (Figura 1):

1. **DOP “Les Garrigues”** (creada en 1975, reglamentada y aprobada a nivel nacional en el BOE en 1977; aprobada a nivel europeo en 1996): ocupa unas 35.000 ha en las comarcas de Lleida, con una producción de aceite virgen entre 5.000 a 6.000 t, basada en las variedades autóctonas ‘Arbequina’ (90%) y

‘Verdiell’. La recolección es manual o con vibradores de tronco. La climatología de la zona, de tipo continental, favorece los riesgos de sequía en verano y fuertes heladas en invierno. Los aceites se dedican al mercado nacional (principalmente envasado, cerca de un 40%) y a la exportación (graneles, 60%). Se trata de una zona en regresión que puede experimentar una recuperación a partir de los nuevos planes de regadío del proyecto Segarra-Garrigues. Sus aceites son equilibrados, de frutado verde de intensidad media; en boca presentan un amargo y picante de tipo medio; suelen presentar aromas secundarios que recuerdan la hierba recién cortada, aceitunas y nueces verdes y, eventualmente, pueden presentar notas de alcachofa, frutas exóticas (tipo banana madura), frutas verdes (plátano verde o almendra verde) y tomate verde, con una sensación final almendrada en boca.

2. **DOP “Siurana”** (creada en 1977 y reconocida a nivel nacional por el BOE en 1979; aprobada por la Unión Europea en 1996): ocupa 23.000 ha en Tarragona (43% de nuevas plantaciones) y produce entre 6.000 y 7.000 t de aceite virgen. La variedad principal es ‘Arbequina’ (90%), con pequeñas proporciones de ‘Rojal’ (en la comarca del Priorat) y ‘Morrut’ (en el municipio de Montroig del Camp). La zona disfruta de buenas condiciones climáticas para el cultivo del olivo, excepción hecha de la zona más interior y montañosa de la comarca del Priorat, donde los suelos son de menor fertilidad y existe riesgo de heladas de invierno. La recolección es manual o con la ayuda de vibradores de ramas. El aceite se destina al mercado nacional, principalmente envasado (60%) y el resto en graneles. Zona en expansión. Los aceites son equilibrados de frutado verde de intensidad media. En boca presentan un amargo ligero y un picante medio. Aromas secundarios que recuerdan la hierba recién cortada y los frutos verdes; eventualmente, pueden presentar notas ligeras de alcachofa, frutas exóticas (banana madura o kiwi), camamilla (o hinojo), tomate verde o frutas verdes (almendra o plátano verdes), con una sensación final almendrada.
3. **DOP “Oli de Terra Alta”** (aprobada a nivel nacional en el BOE en 2002; reconocida por la Unión Europea en 2005): ocupa unas 10.300 ha en la comarca de la Terra Alta y algunos municipios de la Ribera d’Ebre (Flix, Ribaroja y Ascó), en el interior de Tarragona, mayoritariamente como plantaciones tradicionales. La variedad principal es ‘Empeltre’, admitiéndose también las variedades ‘Arbequina’, ‘Morrut’ y ‘Farga’. La recolección es manual, aunque

también se emplean vibradores de tronco. La zona está expuesta a heladas invernales que pueden afectar al fruto. La doble aptitud de la variedad principal, así como la tendencia a cosecharla muy tarde, favorecen que la excesiva manipulación de postcosecha (para separar los calibres mayores para mesa) facilite determinadas alteraciones del fruto, que pueden generar defectos sensoriales (atrojado y avinado, principalmente), por lo que es fundamental el control de la calidad de los aceites antes de su envasado. El aceite se destina a mercados locales y autoconsumo de los socios productores, mientras que el exceso de producción se comercializa a granel. El cultivo del olivo en la zona se mantiene estacionario. Los aceites son equilibrados de frutado maduro de intensidad media. Ligeramente amargos y de picante medio. Pueden presentar aromas secundarios que recuerdan a las nueces verdes, la hierba recién cortada y las frutas exóticas (banana madura o kiwi); eventualmente, pueden identificarse notas de frutas rojas (fresa o mora), frutas verdes (aceitunas, almendra o plátano verdes), camamilla (o hinojo), tomate verde o alcachofa, con un ligero toque almendrado final.

4. **DOP “Oli del Baix Ebre-Montsià”** (reconocida a nivel nacional por el BOE en 2003; aprobada por la Unión Europea en 2008): ocupa unas 48.000 ha en plantaciones tradicionales de las citadas comarcas del sur de Tarragona. La producción de aceite certificado es todavía muy reducida (en 2010 solamente formaban parte de la DOP 3.800 productores). Las variedades base son ‘Morrut’, ‘Sevillenca’ y ‘Farga’. Zona expuesta a fuertes vientos y períodos de humedad ambiental muy elevada, lo que favorece la caída de frutos así como plagas (mosca del olivo) y enfermedades (aceitunas jabonosas y repilo). El aceite se dedica a autoconsumo. Los aceites son equilibrados, de frutado verde de intensidad media. En boca presentan un amargor ligero y un picante medio. Aromas secundarios que recuerdan la hierba recién cortada y las aceitunas verdes; eventualmente, pueden identificarse notas de frutas exóticas (banana madura o kiwi), nuez verde, camamilla (hinojo), tomate verde, frutas verdes (almendra o plátano verdes) y alcachofa, con un ligero almendrado final.
5. **DOP “Oli d’Empordà”** (reconocida a nivel nacional por el BOE en 2008; en 2011 todavía estaba pendiente de aprobación por la Unión Europea): ocupa 2.500 ha de plantaciones tradicionales en las comarcas costeras de Girona, con una producción certificada todavía muy limitada (unas 500 t de aceite virgen)

pero que se vende totalmente envasada (sin graneles). Las variedades principales (80%) son ‘Argudell’ (mayoritaria), ‘Curivell’, ‘Verdal de Cadaqués’ y ‘Arbequina’, con pequeñas proporciones de otras variedades locales. La zona presenta un elevado riesgo de fuertes vientos durante otoño e invierno, lo que puede hacer disminuir la cosecha por derribo de frutos. Los aceites son equilibrados de frutado verde de intensidad media o elevada. En boca presentan un amargor y picante ligeros o medios. Aromas secundarios que recuerdan la hierba recién cortada y la nuez verde; eventualmente, pueden presentar notas de frutas exóticas (plátano maduro), frutas verdes o alcachofa, con un final ligeramente almendrado.

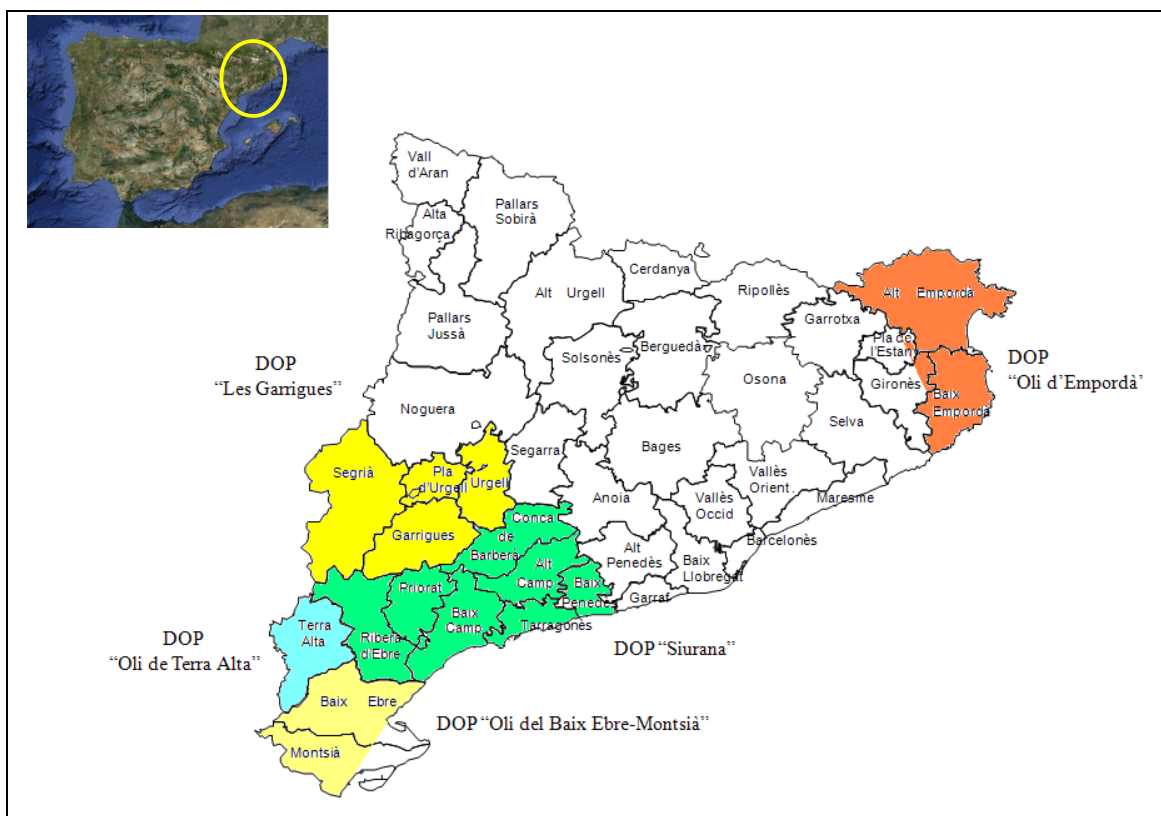


Figura 1.- Localización de las Denominaciones de Origen Protegidas (DOP) de Cataluña.

La presente tesis se centra en los aceites de la comarca del Priorat, perteneciente a la DOP “Siurana” y punto de confluencia con las DOP “Les Garrigues”, “Oli de Terra Alta” y “Oli del Baix Ebre-Montsià”.

1.4. Procesos de extracción del aceite virgen

La extracción del aceite de oliva virgen se lleva a cabo, actualmente, mediante sistemas de centrifugación en continuo de la pasta de aceituna triturada y batida. El proceso

implica una serie de etapas que se describen, brevemente, a continuación. Existen numerosas publicaciones que describen dichas etapas de proceso (Alba, 1995; Hermoso et al., 1995; Uceda et al., 1995; Bianchi, 1999; Di Giovacchino et al., 2002a y 2002b).

1.4.1. Recepción y acondicionamiento del fruto

El proceso empieza en el patio de recepción, donde los agricultores descargan los frutos, que se acondicionan hasta su procesado. En esta etapa se suceden las operaciones de descarga, limpia de ramones y hojas (mediante ventiladores, rodillos y zarandas), lavado del fruto con agua (separación de polvo, tierra, piedras y residuos metálicos), pesado, toma de muestra (para análisis de rendimiento en aceite) y almacenamiento (en tolvas o contenedores).

Evidentemente, algunas etapas pueden no existir o realizarse en orden distinto (por ejemplo el lavado del fruto puede realizarse a la salida de las tolvas de almacenamiento, o no realizarse).

Se trata de una etapa importante ya que es el único punto donde es posible realizar una clasificación inicial por calidad esperada del aceite; en efecto, una vez en la línea de extracción ya no es posible separar calidades hasta la entrada del aceite en la bodega. Los criterios de separación aplicados suelen ser sencillos y se deciden en función de las especificidades de cada zona (suelo/vuelo, sanos/helados, frescos/de varios días...)

Por otra parte, es también una etapa con un elevado riesgo de alteraciones y fermentaciones de los frutos que pueden inducir pérdidas de calidad importantes. En efecto, los microorganismos que están asociados a las aceitunas (levaduras, enterobacterias, bacterias acéticas, mohos...) pueden encontrar condiciones muy favorables a su crecimiento (frutos mojados, aplastados o con roturas, especialmente dentro de las tolvas de almacenamiento), llegando a alcanzar la pulpa de los frutos y fermentando sus azúcares, lo que da lugar a compuestos como el etanol, el ácido láctico o el ácido acético, relacionados con defectos sensoriales de “avinado-agrio-vinagre” y “atrojado” (Angerosa et al., 1998). Estudios más recientes demuestran que dichos microorganismos también pueden actuar sobre los polifenoles de la pulpa del fruto, generando fenoles volátiles también relacionados con defectos sensoriales (Vichi et al., 2008).

1.4.2. Trituración

El aceite contenido en los frutos debe liberarse, lo que se logra rompiendo la estructura celular mediante sistemas de triturado.

Los trituradores modernos son metálicos de tipo centrífugo, aunque admiten diseños bastante diferentes. Los más usuales son los de martillos metálicos, pero también existen trituradores de coronas dentadas, de doble criba, de listelos, tandems de engranaje y martillos, etc.

El tamaño final de las partículas se fija mediante la instalación de un tamiz de diámetro determinado (los más usuales oscilan entre 5 – 7 mm) a la salida del triturador, de manera que la pasta de aceituna queda retenida en la zona de molturación hasta que no alcanza el tamaño fijado por el tamiz.

La elevada velocidad de giro de los martillos dentro del molino (unas 2.000 rpm) tiene efectos importantes para la eficiencia extractiva del sistema y la calidad del aceite:

- Favorece la formación de emulsiones agua-aceite que luego hay que romper en el proceso posterior, con el fin de evitar pérdidas industriales de aceite en los subproductos.
- El intenso contacto agua-aceite-pulpa favorece la acumulación de polifenoles hidrofílicos en la fase aceite, lo que tiene repercusiones en la estabilidad del mismo (resulta más elevada) y en el sabor (el aceite es más amargo, picante y astringente). Evidentemente, también se inician numerosas reacciones químicas y enzimáticas que tienen efectos sobre la calidad final del aceite.
- Paralelamente, la fricción aumenta la temperatura de la pasta de aceituna y promueve oxidaciones en los triglicéridos (Caponio et al., 2003), lo cual puede traducirse en una pérdida de estabilidad del aceite, en contraposición al efecto anteriormente indicado.

1.4.3. Batido

Tras el triturado de los frutos, las gotitas de aceite liberadas suelen estar aisladas y tienen una dimensión demasiado pequeña para ser separadas del resto de fases (agua y sólidos) mediante sistemas físicos (la norma comercial especifica que el aceite virgen solamente se puede extraer mediante sistemas físicos de separación). Por este motivo la

pasta triturada se somete a un proceso prolongado de batido, normalmente con calefacción (28-30°C), para favorecer la unión de gotitas de aceite en una única fracción oleosa que puede separarse por centrifugación posterior.

El batido es una operación fundamental desde el punto de vista del rendimiento industrial de la instalación, pero también para la calidad final del aceite. En efecto, durante esta etapa tienen lugar las reacciones químicas más importantes relacionadas con las características sensoriales finales del aceite:

- Los polifenoles y los pigmentos se reparten entre las fracciones oleosa y acuosa, según su estructura química y solubilidad relativa. El coeficiente de reparto determina la cantidad de sustancias solubilizadas en el aceite, dependiendo de los volúmenes relativos de aceite y agua, así como de la cantidad total de sustancias presentes en el sistema, según la siguiente expresión (Bianchi, 1999):

$$Kd = \frac{V_{agua}}{V_{aceite}} \times \frac{W_{aceite}}{W_{total} - W_{aceite}}$$

Siendo: Kd = coeficiente de reparto
V = volumen
W = cantidad de sustancias

- La temperatura, junto con el oxígeno del aire que va introduciéndose en cada giro de las paletas de la batidora, favorecen reacciones de oxidación de los ácidos grasos del aceite y de otros compuestos.
- El contacto del aceite con algunas enzimas del fruto promueve reacciones, algunas de las cuales son responsables del desarrollo del perfil aromático del aceite; en concreto, la denominada vía de la lipoxigenasa (LOX) promueve la formación de aromas relacionados con el frutado verde del aceite, por oxidación de los ácidos grasos linoleico y linolénico (Lerker et al., 1999)

En determinadas circunstancias, pueden añadirse los denominados coadyuvantes tecnológicos para favorecer la separación correcta de fases. En el caso de pastas de aceitunas muy secas (frutos del suelo, helados o muy maduros), las palas de la batidora no baten la pasta y puede ser necesario añadir agua para fluidificarla hasta el punto que la batidora pueda realizar su función. En el caso de frutos con exceso de humedad (muy

verdes, de regadío, tras alguna lluvia...) el exceso de agua en el sistema también puede dificultar el trabajo de la batidora, siendo necesario retirar una parte del exceso de humedad mediante el uso de talco micronizado (que en etapas posteriores se centrifuga con los sólidos).

1.4.4. Centrifugación de la pasta batida (decánter)

Una vez batida la masa, se inyecta en la centrífuga horizontal, también denominada “decánter”, que consta de dos elementos principales, el bol y el sinfín. Dicha centrífuga gira a unas 3.000-4.000 rpm y su función es separar los componentes de la masa batida por densidades; así, las substancias sólidas de mayor peso (orujo formado por restos de piel, pulpa y hueso, con una densidad media de 1,2 g/cm³) tenderán a alejarse del eje de giro, mientras que el aceite, por su menor densidad (0,915-0,916 g/cm³), se concentrará en la zona central, quedando la fracción acuosa (alpechín) entre las dos anteriores (1,08 g/cm³). Evidentemente, la separación de las fracciones no es absoluta si no que se establece un gradiente de densidades, desde el eje de giro hacia la pared exterior.

La masa batida se inyecta por un extremo del decánter y el sinfín la hace avanzar hacia el extremo opuesto. El tiempo que tarda la masa en cruzar el decánter se denomina tiempo de retención y es el tiempo de que dispone el equipo para separar las fracciones (también denominadas “fases”) que constituyen la masa batida (aceite, alpechín y orujo). Por otra parte, la Ley de Stokes determina la velocidad de sedimentación, para el supuesto de un movimiento laminar. A partir de dicha expresión y de las dimensiones del decánter, se puede formular la expresión que determina el tiempo de sedimentación, que corresponde al tiempo que requiere una partícula del sistema para alcanzar el punto que le corresponde por densidad. Para que el decánter funcione correctamente, todo el sistema debe regularse para conseguir igualar el tiempo de sedimentación con el tiempo de retención, lo que significa que debe cumplirse la siguiente igualdad:

$$t_s = \frac{18 \times L \times \beta}{\varnothing^2 \times \omega^2 \times R \times (d_{partícula} - d_{fase\ contínua})}$$

Siendo: t_s = tiempo de sedimentación
 ω = velocidad angular de giro
R = radio de giro
L = longitud del decánter
d = densidad

\varnothing = diámetro de la partícula o de la gota
 β = viscosidad absoluta de la fracción continua

De dicha ecuación se desprende que, para un decánter concreto, donde el radio de giro (R) y la longitud (L) son fijos y la velocidad de giro (ω) también es fija, el único parámetro que permite variar de manera efectiva el tiempo de sedimentación es la viscosidad (β); así, lo que normalmente se pretende es disminuir el tiempo de sedimentación, que implica disminuir la viscosidad de la masa, lo cual se consigue aumentando la temperatura de batido, lo que permite fluidificar la masa, pero también tiene otras consecuencias derivadas del calentamiento del aceite y del resto de compuestos que interaccionan con él en la batidora. Otra opción sería mantener la viscosidad aumentando el tiempo de permanencia en el decánter, lo que se consigue disminuyendo el ritmo de inyección de masa en este elemento; sin embargo, esta opción supone aumentar el tiempo de batido, lo cual también puede tener efectos negativos sobre el aceite. La solución para este último caso sería disminuir la cantidad de pasta en la batidora, lo que significa disminuir el ritmo de molturación y aumentar el tiempo de retención de las aceitunas en las tolvas de almacenamiento, lo cual conlleva también efectos negativos para la calidad. En definitiva, el maestro almazarero debe regular el sistema de manera que los tiempos de retención en tolvas de espera y batidora sean bajos, la temperatura del proceso no sea excesiva y la separación de fracciones dentro del decánter sea la mejor posible.

Evidentemente, existen diferentes modelos de decánter que permiten procesar volúmenes distintos de masa con un rendimiento horario también diferente. Cada fabricante ofrece diferentes equipos, en función del rendimiento horario que se necesite. Las diferencias no solamente son de tamaño (longitud y radio de giro), sino que también varían la geometría interna (Σ que representa la superficie de un tanque de sedimentación por gravedad, que tendría igual eficacia que el decánter), el punto de descarga de la masa dentro del decánter, la dirección de giro y el diferencial de vueltas entre el bol y el sinfín, etc. La capacidad de trabajo se expresa en kg/h o en kg/día, existiendo en la actualidad decánters que permiten procesar 50 kg/h de aceitunas hasta 5.000 kg/h o incluso más.

El número de salidas de un decánter permite su diferenciación en dos tipos básicos:

- Decánter de 3 salidas (también denominado de 3fases): existe una salida independiente para cada fracción (aceite, alpechín y orujo), de manera que se obtienen dos subproductos que deben gestionarse adecuadamente (alpechín y orujo).
- Decánter de 2 salidas (también denominado de 2fases): existe una salida para el aceite y un única salida para la mezcla de orujo y alpechín (alperujo), de manera que se obtiene un único subproducto a gestionar.

La inyección de masa al decánter suele ir acompañada de la adición de una cierta cantidad de agua, cuya función es fluidificar la masa y situarse entre el aceite y el orujo para evitar que una parte del aceite se pierda con dicho subproducto. Una diferencia importante entre los decánters de 2 y 3 fases es el volumen de agua inyectada, que suele ser muy reducida en el primero (relación aproximada masa:agua 10:1) y muy elevada en el segundo (relación aproximada 1:1). Las consecuencias de una diferencia tan importante en el volumen total de agua añadida al decánter son notables y afectan, no solo a los criterios de regulación del sistema, si no que también a las características del aceite obtenido, ya que la presencia de agua en el sistema implica un lavado de muchos compuestos, como hemos visto al citar el coeficiente de dilución o reparto (K_d). En efecto, los aceites elaborados con sistemas de 3fases suelen ser más pobres en polifenoles, amargor y estabilidad (Uceda et al., 1995).

1.4.5. Centrifugación/Decantación de líquidos (centrífuga vertical)

La salida de aceite del decánter suele arrastrar una cierta proporción de agua y una pequeña proporción de partículas en suspensión, cuyo pequeño tamaño dificulta la correcta separación a la velocidad de giro del decánter. Lo mismo sucede con la salida de alpechín del decánter de 3 fases, que puede incorporar una cierta proporción de aceite y de sólidos.

Es por tanto necesario realizar una segunda separación de fracciones líquidas, otra vez por densidad. Ello puede conseguirse por acción de la gravedad, en decantadores donde el aceite flota en superficie, mientras los sólidos y el agua decantan. Pero lo más usual es volver a centrifugar los líquidos a mayor velocidad de giro en las denominadas centrífugas verticales, de funcionamiento parecido al decánter, pero de disposición vertical, dado que giran al doble de revoluciones (unas 6.000 rpm).

Los sistemas de 3fases disponen de dos centrífugas verticales (Cent. Vert.), una para aceite y otra para alpechín, mientras que los sistemas de 2fases sólo precisan una Cent. Vert. para el aceite.

La Cent. Vert. de aceite necesita la adición de una cierta proporción de agua para su correcto funcionamiento (relación aproximada aceite:agua 2:1) y genera tres salidas una de aceite, otra de agua y una tercera denominada “descarga” (normalmente automática y programable en su periodicidad), que es una mezcla de sólidos, agua y restos de aceite.

1.4.6. Almacenamiento

Una vez separado el aceite, este pasa a la bodega hasta el momento de su expedición y venta. El aceite se conserva en depósitos enterrados (trujales) o aéreos, pudiendo ser de diferentes materiales (plástico, acero inoxidable, resinas...) y también de diferentes capacidades (entre 1.000 y 50.000 kg, o más). La bodega debería estar en condiciones de poca luz y temperatura constante (unos 18°C).

Es usual que durante las primeras semanas de almacenamiento el aceite decante el exceso de humedad y finos (denominados “borras”) que todavía puede contener, de manera que son necesarias operaciones de sangrado o de trasiego, para evitar que la fermentación de estas borras (ricas en agua, azúcares, enzimas, levaduras...) pueda estropear el aceite (se genera un defecto sensorial denominado “borras”, que resulta muy desagradable).

En algunos casos, los depósitos están conectados a un circuito de alimentación con nitrógeno (N₂), que se inyecta por la base del tanque para desplazar todo el oxígeno del aceite y del espacio de cabeza del depósito. La misión de esta operación es evitar la oxidación del aceite durante el almacenamiento.

1.4.7. Filtrado y envasado

El aceite virgen se suele envasar según se va vendiendo, ya que es más fácil su conservación en depósitos que en envases pequeños.

Si el aceite no tuvo tiempo suficiente para decantar, se hace necesario eliminar el exceso de humedad y sólidos en suspensión mediante filtros de diferente naturaleza (tierras, papel, celulosa...)

La capacidad y forma de los envases son muy variadas, dependiendo de los mercados de destino y del precio final del producto.

2. ANTECEDENTES

Este capítulo se estructura en cuatro partes:

1. Revisión bibliográfica sobre fuentes de variación de las características del aceite.
2. Programa DAAM-IRTA-AOP de mejora de la calidad de los aceites del Priorat.
3. Descripción de la zona de estudio.
4. Caracterización edafo-climática de la zona de estudio.

2.1. *Revisión bibliográfica sobre fuentes de variación de las características del aceite*

Evidentemente, el primer factor a considerar para caracterizar un aceite es la **variedad** de aceituna, como constatan Bianchi et al. (2002), al caracterizar aceites de cinco DOP italianas que incluyen la variedad ‘Leccino’ entre otras, y Motisi et al. (2004) al analizar el efecto de la variedad, maduración y zona sobre los contenidos en ácidos grasos de aceites de variedades sicilianas. La estructura varietal del olivar en Cataluña se describe en Tous (1990) y en Tous y Romero-Aroca (1993), mientras que las características de los aceites de estas variedades están ampliamente discutidas en Tous et al. (2005a) y Romero-Aroca et al. (2005). Concretamente, en la zona del Priorat (Tarragona) la principal variedad es ‘Arbequina’ (80% aprox.), pero también se cultivan otras como ‘Rojal’, ‘Fulla de Salze’, ‘Empeltre’, ‘Morrut’ y ‘Farga’. Especialmente relevantes, en relación a los objetivos de esta tesis, son los trabajos de Tous et al. (1994 y 1997) que fueron los primeros en constatar que la variedad ‘Arbequina’ puede producir aceites de composición y características sensoriales diferentes en zonas de cultivo distintas, y sugieren que estas variaciones se deben a **factores de suelo y clima**, así como de manejo del cultivo. En el mismo sentido, Ranalli et al. (1999) estudiaron las variaciones de composición y atributos sensoriales de los aceites de tres variedades italianas en cinco zonas de la Toscana y la Umbria, aplicando técnicas de análisis multivariante para analizar las relaciones existentes entre factores del clima y del suelo sobre los aceites obtenidos, poniendo de manifiesto un efecto significativo de algunos factores como la temperatura máxima, los días de viento o los contenidos de materia orgánica o la relación C/N del suelo, aunque siempre de menor importancia que el efecto propio de la variedad.

Aunque no se ha publicado ninguna caracterización edafo-climática del Priorat, sí que existen algunos trabajos parciales que pueden ayudar a su realización; así, la información climática se puede consultar en la red de estaciones meteorológicas de Cataluña (<http://xarxes.meteocat.com/xac>) que incluye datos desde 1997 y puede completarse con estudios climáticos anteriores (López-Bonillo, 1988). Por otra parte, Cobertera (1986) realizó una extensa caracterización edafológica de la provincia de Tarragona, donde se incluye la comarca del Priorat; existen otros dos estudios centrados en los términos municipales de Cabacés (Bosch et al., 1985) y de Margalef (DARP, 1989), realizados previamente al inicio de los regadíos de estos municipios. De especial interés se considera el trabajo publicado por la “Junta de Andalucía” (Rubio et al., 2003), sobre “El olivar andaluz”, donde se hace una caracterización exhaustiva del sector olivarero, que incluye datos sobre las clases agrológicas de los suelos, pluviometría, tamaño de las explotaciones, pendientes, grado de parcelación, variedades, rendimientos, densidades de plantación, edad de los olivos, así como de las relaciones que se establecen entre algunas de estas variables. También, es muy interesante el trabajo de Peña et al. (2002) sobre caracterización de cuencas hidrográficas según su riesgo erosivo, y que detalla cómo conseguir información meteorológica relevante, edáfica, topográfica y agronómica, así como de manejo del suelo por parte de los olivicultores. Se trata de esquemas de trabajo que intentaremos adoptar en la presente tesis.

La importancia de realizar una buena caracterización edafo-climática radica en los efectos del clima y suelo sobre el comportamiento del olivo y algunos parámetros del aceite, como han constatado diferentes autores. Así, Ben Rouina et al. (2002), analizando los efectos del clima y suelo sobre 60 años de cosechas en tres fincas de Túnez, constatan, entre otras cosas, que en años secos la cosecha depende mucho de la fertilidad del suelo, en especial el nivel de nutrientes y su textura, que determina el grado de exploración radicular y el crecimiento potencial del olivo. En el mismo sentido, Motisi et al. (2002) relacionan las diferencias observadas de conductividad hidráulica en las raíces con la textura del suelo y justifican el carácter estresante que pueden tener suelos demasiado arenosos.

En relación al clima, se han publicado diversos trabajos que relacionan sus efectos sobre las características de los aceites, siendo destacables los de Tombesi y Antaras (1998), que observaron, en Italia, un aumento de los contenidos de ácido oleico y polifenoles

totales cuando se dan condiciones de baja temperatura y elevada pluviometría durante los meses de agosto y septiembre. Tura et al. (2008), estudiando durante cuatro años 17 plantaciones de olivo del Norte de Italia, constataron una correlación positiva entre la temperatura media de octubre y el contenido en polifenoles totales, tocoferoles y compuestos volátiles, y entre la acumulación de grados de calor, durante el período de crecimiento de la aceituna, y el contenido de ácidos grasos saturados y poliinsaturados del aceite. Resultados similares obtienen Sadeghi y Taldaii (2002), estudiando el comportamiento de la variedad iraní 'Zard' en tres localidades de diferente altitud y pluviometría, así como Bongí (2004), trabajando con 'Arbequina', que observa que la relación oleico/(linoleico+palmítico) es menor en zonas cálidas, con mayor acumulación de grados día, que en zonas frías; en el mismo artículo, este autor indica que la calidad del aceite depende de su composición química, la cual depende del grado de maduración que, a su vez, está afectado por el clima.

Las fluctuaciones climáticas interanuales también pueden tener un efecto considerable sobre las características del aceite, como indican Koutsaftakis et al. (2000), estudiando la variedad 'Koroneiki', en la que observaron diferencias entre campañas a nivel de ácidos grasos, esteroides y ceras, para un mismo momento de la campaña. En este sentido, Donarie et al. (1975) analizan el metabolismo de hojas y frutos y establecen que, como la fotosíntesis está en la base de la síntesis de ácidos grasos, cualquier factor que la afecte puede generar variaciones en el contenido total de aceite y en su perfil lipídico. También, Failla et al. (2002) al analizar el contenido de polifenoles y tocoferoles del aceite, durante dos años, en 18 plantaciones de olivo al Norte de Italia, constataron una gran fluctuación interanual en el nivel de tocoferoles.

La **maduración** de las aceitunas es un factor fundamental que determina las características químicas y sensoriales del aceite, existiendo una amplia información sobre este proceso, incluso en 'Arbequina'. Así, Romero-Aroca et al. (2002) analizan, durante tres campañas en la zona Siurana-Camp, las variaciones en el contenido de ácidos grasos y la estabilidad del aceite de esta variedad en función de la maduración y del nivel de carga del árbol; Motilva et al. (2000), en ensayos de riego en Les Garrigues y haciendo muestreos secuenciales desde mediados octubre a finales de noviembre, sugieren que las diferencias en polifenoles de los aceites pueden depender más del grado de maduración que del nivel de estrés hídrico de los árboles, aunque este estrés puede avanzar la maduración, tal y como discuten Alegre et al. (2002) analizando los

mismos datos experimentales. Morelló (2004), en su tesis doctoral, caracteriza la fracción fenólica de aceitunas y aceite de 'Arbequina' en Les Garrigues, en relación a diversos factores agronómicos, entre ellos la maduración y el efecto de las heladas. En algunas variedades, como la portuguesa 'Galega', se ha constatado que el proceso de maduración puede variar según la zona de cultivo (Ramos et al., 2008). Por otra parte, Padilla et al. (2008) observaron, durante la maduración de 'Picual' y 'Arbequina', variaciones en el nivel de expresión de dos genes que regulan la síntesis de lipoxigenasa, responsable de la generación de un grupo de compuestos volátiles que originan los diferentes aromas de tipo verde del aceite. En relación a otros parámetros cualitativos del aceite, Fernández et al. (2002), estudiando las variedades 'Picual', 'Picudo', 'Hojiblanca' y 'Arbequina', observan durante la maduración una disminución del contenido en pigmentos y tocoferoles en el aceite, así como una disminución del índice de peróxidos y del K_{270} , y un aumento de la acidez libre. En este sentido, Koutsaftakis et al. (2000), estudiando la maduración de la variedad 'Koroneiki', observan un aumento de los diglicéridos con ácidos grasos en posición 1 y 3, debido a un proceso de degradación hidrolítica que comporta un aumento de acidez en el aceite.

La evolución de la composición en ácidos grasos y otros compuestos durante la maduración están relacionados con la actividad de enzimas específicos. Así, Hernández et al. (2009), estudiando la expresión génica en 'Picual' y 'Arbequina', demostraron que existen tres genes (*FAD2-1*, *FAD2-2* y *FAD6*) cuya expresión está regulada por la zona y el estado fenológico, siendo *FAD2-2* el responsable del contenido en ácido linoleico del mesocarpo de los frutos y viéndose incrementada su expresión en determinadas condiciones externas, como el riego. En el mismo trabajo se sugiere que el nivel de expresión génica es diferente entre variedades, lo que explicaría las diferencias de comportamiento observadas por algunos autores al estudiar la composición de diversas variedades en diferentes zonas. Estudios más completos, aunque preliminares, de expresión génica, relacionada con distintos momentos del crecimiento de la aceituna y factores de estrés, bióticos y abióticos, demuestran la gran relación existente entre todos los factores externos que circundan al olivo y la composición final de los frutos y, por extensión, del aceite (Galla et al., 2009).

Las **técnicas de cultivo** pueden también afectar la composición final del aceite, al condicionar el comportamiento de los árboles. El **riego** es uno de los principales factores a considerar, existiendo numerosos estudios que analizan su efecto sobre las

características del aceite. Así, Romero et al. (2002) y Motilva et al. (2002), trabajando con 'Arbequina' en Les Garrigues (Lleida), observan que los aceites de olivos más regados presentan menos pigmentos y tienen menos polifenoles totales, efecto que no observan en las tesis de riego deficitario controlado. Similares resultados obtienen d'Andria y Morelli (2002), estudiando diversas variedades italianas, donde concluyen que los tratamientos ensayados de riego no tienen ningún efecto sobre la composición en ácidos grasos, pero sí sobre el contenido en polifenoles, que es menor cuando las dosis de riego son mayores. Resultados parecidos obtienen Pastor et al. (2003) con 'Picual' durante cuatro campañas. En cambio, Faci et al. (2002a y 2002b), en un ensayo de riego con 'Arbequina' en Aragón, observan ligeras diferencias en algunos ácidos grasos al comparar las tesis de máxima dosis de riego y el control no regado, constatando también la disminución de polifenoles al aumentar la aportación de agua, lo que se traduce en variaciones a nivel sensorial. Más recientemente, Vossen et al. (2008), en un ensayo de riego con el clon IRTA-i-18 de 'Arbequina' en una plantación superintensiva de California, constatan un aumento de los ácidos grasos poliinsaturados y una disminución de los monoinsaturados al aplicar dosis crecientes de agua, que también disminuyen los polifenoles totales y la estabilidad y aumentan los esteroides totales y la acidez libre, al tiempo que se obtienen aceites sensorialmente más equilibrados en las dosis medias de riego (50% de la ETC). Evidentemente, los resultados de estos estudios tienen una relación directa con el efecto del clima sobre las características del aceite, a través de la pluviometría.

Otras técnicas de cultivo (fertilización, poda, mantenimiento del suelo...) parecen tener un efecto menor sobre la composición del aceite, existiendo algunos estudios que tratan esta cuestión. Así, Tombesi y Antaras (1998) indican que las aportaciones de N pueden aumentar la proporción de ácidos palmítico y oleico, mientras que el K y P aumentarían solamente el palmítico. Simões et al. (2002), trabajando con la variedad 'Carrasquenha', sugieren que en zonas con carencias de N y K, los aceites pueden tener una mayor proporción de ácidos grasos saturados y una menor estabilidad. Parcialmente en desacuerdo, Fernández-Escobar et al. (2002), en un ensayo de **abonado** nitrogenado con 'Picual', durante 8 campañas, llegan a la conclusión de que un exceso de N implica una disminución de polifenoles y estabilidad, un aumento de tocoferoles y una acumulación de N en el fruto. En cambio, Alcubilla et al. (2002), trabajando con 'Arbequina' en la

zona de Zaragoza y con ‘Empeltre’ en Teruel, no detectan ningún efecto de las dosis ensayadas de abonado nitrogenado sobre ninguna característica del aceite.

La **poda** es una técnica de cultivo muy importante en olivicultura, ya que mejora la iluminación de las hojas y, por tanto, promueve la fotosíntesis, tal y como ponen de manifiesto Tombesi et al. (1998), analizando el efecto de sombrear hojas a finales de agosto, que se traduce en una menor activación del enzima acetil-Co-A carboxilasa que es clave en la síntesis de ácidos grasos. Proietti et al. (1999) sugieren también una importante actividad fotosintética a nivel de las aceitunas, de manera que su orientación e iluminación pueden modificar la síntesis de ácidos grasos. Más recientemente, Griegoriou et al. (2004), en un ensayo de sombreamiento en ‘Koroneiki’, observan un cierto retardo en la maduración y una menor acumulación de aceite que, en cambio, es más rico en ácido oleico y más pobre en palmítico y linoleico. El efecto de la orientación también lo remarcan Díaz-Espejo et al. (2002), al modelizar la transpiración y fotosíntesis en la variedad ‘Manzanilla de Sevilla’, donde observan menor flujo de savia y transpiración en las ramas orientadas al norte; además, estos mismos autores indican que la fotosíntesis la soportan principalmente las hojas iluminadas, lo que sugiere la importancia de la orientación, la poda y la densidad de plantación.

En los últimos años, se ha estudiado el efecto del uso de **cubiertas vegetales** en olivicultura. Sus ventajas para reducir la erosión, aumentar el número de días laborables (se puede entrar en las fincas incluso tras una lluvia importante) y el ahorro de agua que suponen, son discutidas por Pinheiro et al. (2004). En este sentido, Baptista y Pereira (2004), trabajando con la variedad ‘Cobrançosa’ en Portugal, observan un mayor nivel de fotosíntesis y una mayor acumulación de pigmentos en las aceitunas de olivares con cubierta vegetal, frente a los tratamientos de suelo labrado.

En cuanto al procesado de las aceitunas, la **extracción del aceite virgen** se realiza por procesos mecánicos diversos, alguno de los cuales puede tener efectos sobre los componentes del aceite (Di Giovacchino, 1996; Cert et al., 1996; Bianchi, 1999). La caracterización técnica de las almazaras de Cataluña se puede consultar en Romero-Aroca et al. (1995) y en Hermoso et al. (1998), no existiendo todavía ninguna caracterización sobre la zona Priorat, que queda incluida en la DOP “Siurana”.

En los últimos años, se han publicado diversos estudios sobre los efectos de las diferentes operaciones de extracción sobre las características de los aceites. Así, Uceda et al. (2002) analizan el efecto del **lavado de las aceitunas** de la variedad ‘Picual’ en la entrada del molino, y sugieren que, aunque se ocasiona una pérdida de polifenoles y estabilidad, no hay ningún efecto claro a nivel sensorial. Koutsaftakis et al. (2002) realizan un exhaustivo estudio de los efectos del **molino triturador** sobre el aceite, siendo los factores más negativos aquellos que implican un mayor calentamiento de la pasta triturada, como la velocidad de giro y las cribas de pequeño diámetro. Resultados similares obtienen Servili et al. (2002) que observan importantes efectos del sistema de molturación sobre los contenidos de polifenoles y los compuestos volátiles en el aceite.

El **batido** es una etapa fundamental en el proceso de extracción del aceite, no solo porque determina el rendimiento industrial, sino porque genera importantes cambios físico-químicos, algunos de los cuales están relacionados con la actividad de determinadas enzimas. Así, Angerosa et al (1998) analizan detalladamente la generación de aromas en esta etapa. Beltrán et al. (2002), trabajando con ‘Picual’, ‘Hojiblanca’ y ‘Arbequina’, observan que esta última variedad está más influenciada por el tiempo de batido que ‘Picual’, que se ve más afectada por la temperatura.

La separación de las fracciones aceite, agua y orujo se realiza en los decánters o **centrífugas horizontales**, que actualmente suelen ser de dos salidas, existiendo bastantes estudios que comparan este sistema con el más clásico de tres salidas (Uceda et al., 1995; Cert et al., 1996; Vekiari et al., 2002). Hermoso et al. (2002) analizan detalladamente el efecto de diferentes regulaciones del proceso sobre el rendimiento y las características de los aceites obtenidos por este sistema. Finalmente, la **decantación y filtrado** implican también cambios, tal y como analizan Montedoro et al. (2005), estudiando aceites de diferente grado de turbidez, y que llegan a la conclusión de que es necesario filtrar el aceite para asegurar una mejor conservación.

La **conservación de los aceites** también ha sido objeto de numerosos estudios, ya sea a nivel de la evolución de los parámetros químicos de alteración, como la acidez y el índice de peróxidos (Rotondi y Lercker, 2002); ya sea a nivel de algunos compuestos como las clorofilas que se feofitizan cuando la acidez libre inicial del aceite es más elevada, resultando más estables los carotenoides (Gallardo et al., 2003); o como las ceras, analizadas por Martínez et al. (2002), que observan neoformación de ceras

durante la conservación, a partir de ácidos grasos libres y alcoholes presentes en el aceite. Las condiciones de conservación las analizan DiGiovacchino et al. (2002c), que trabajan con las variedades ‘Leccino’ y ‘Coratina’, considerando la influencia de la temperatura, la presencia de oxígeno y el volumen del espacio de cabeza de depósitos y envases; sus resultados ponen de manifiesto el efecto negativo de mantener depósitos y envases a medio llenar, que promueven la oxidación del aceite, especialmente en condiciones de elevada temperatura (40°C).

Existen muy pocos estudios científicos que analicen el efecto de las mezclas de aceites de diferentes variedades, sobre las características sensoriales del aceite resultante, siendo los más remarcables el estudio de Angerosa y Basti (2003), así como el de Ouni et al. (2011); ambos estudios concluyen que la mezcla proporcional de aceites resulta en una combinación casi lineal en los compuestos volátiles correspondientes, aunque pueden darse fenómenos de sinergismo y de antagonismo entre algunos compuestos, que modifiquen el perfil sensorial esperado.

2.2. Programa DAAM-IRTA-AOP de mejora de la calidad de los aceites del Priorat

El año 2001 se constituyó el “Consorci per al Desenvolupament del Priorat” (CDP), con la finalidad de desarrollar económicamente la zona, aprovechando el programa Leader Plus, a partir de los conceptos “vino-aceite-turismo rural” y aprovechando para el aceite la buena experiencia comercial de los vinos de *alta gama* de esta comarca.

En el 2002, el CDP llegó a un acuerdo con el IRTA para realizar un estudio previo sobre las posibilidades reales de esta estrategia, en el caso del aceite de oliva virgen. Los resultados de dicho estudio previo avalaron dichas expectativas y el IRTA presentó un programa global de desarrollo del sector olivicultor y oleícola de la comarca, con finalidades comerciales, a través de la mejora de la calidad del aceite obtenido.

Posteriormente, en el año 2003 se crea la “Associació d’Oleicultors del Priorat” (AOP), que firma un convenio con el IRTA y el Departamento de Agricultura de la Generalitat de Catalunya (DAAM) para desarrollar dicho programa. Los trabajos se iniciaron en la campaña 2003/04 y seguían vigentes durante la redacción de esta tesis doctoral (campaña 2010/11), en la que también se incluyen los trabajos previos realizados en las campañas 2001/02 y 2002/03.

Como consecuencia de estos trabajos, en el año 2006, la AOP consiguió el primer premio a la Producción e Innovación Tecnológica Agraria de Cataluña (PITA), otorgado por la Generalitat de Catalunya. También, el resto de DOP catalanas se han interesado y promovido programas equivalentes, coordinados por el IRTA, en cada zona (Romero-Aroca et al., 2006).

El presente proyecto de tesis doctoral incluye todos los aspectos científicos sobre los que se fundamenta la aplicación comercial de este programa.

2.3. Descripción de la zona de estudio

El ámbito geográfico del estudio comprende toda la comarca del Priorat (Tarragona), junto con algunos municipios de las comarcas vecinas, que molturan sus aceitunas en almazaras de dicha comarca (Figura 2). Así, La Serra d'Almos (Ribera d'Ebre) moltura aceitunas producidas en Els Guiamets (Priorat), mientras que algunos agricultores molturan en Ulldemolins frutos que provienen de olivares de Juncosa y La Pobla de Cérvoles, en la comarca vecina de Les Garrigues (Lleida).

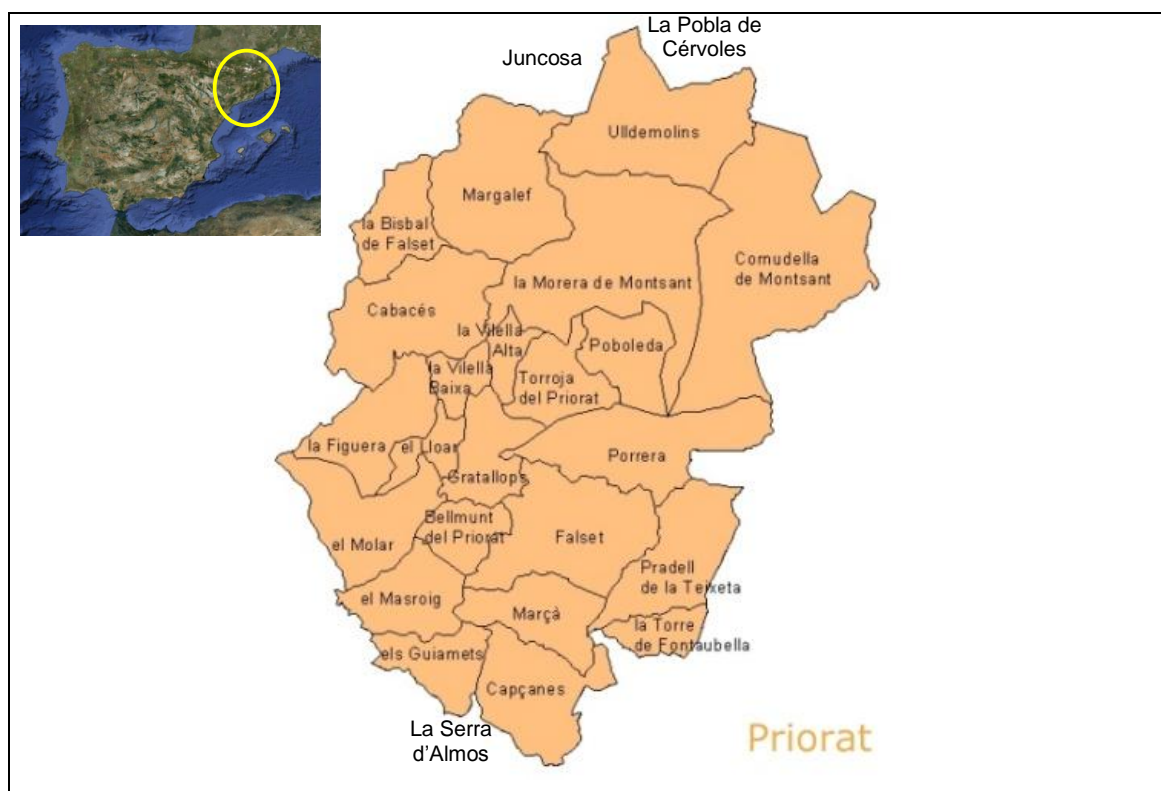


Figura 2.- Términos municipales del Priorat, incluidos municipios de comarcas vecinas que envían aceitunas a las almazaras del Priorat.

La comarca del Priorat ocupa 496,20 km² e incluye 23 municipios. Limita al Norte con las comarcas de Les Garrigues y la Conca de Barberà, al Este y Sureste con el Baix Camp y al Oeste y Suroeste con la Ribera d'Ebre.

Casi la mitad del territorio tiene una altitud superior a los 600 m y menos del 10% no alcanza los 200 m. Las mayores alturas (1.100 m) se alcanzan al N y NO de la comarca, mientras que los terrenos de menor altitud (unos 50 m) se sitúan en el extremo occidental, siguiendo el curso del río Siurana, en dirección a la cubeta de Mora, en la comarca vecina de la Ribera d'Ebre.

La zona norte de la comarca es de carácter marcadamente montañoso (Figura 3), con dos sierras que la cruzan en dirección E-O, la Sierra de La Llena, más al Norte y que separa el Priorat de la depresión terciaria de las comarcas del interior, y la Sierra del Montsant, continuación de la cordillera prelitoral catalana y que supone el elemento del relieve más característico de la comarca; entre ambos sistemas montañosos se conforma el valle de Ulldemolins (con una altitud de 500-800 m). Sin embargo, dichas sierras no llegan a cruzar totalmente la comarca y el relieve va perdiendo altitud hacia el O, lo que tiene repercusiones climáticas importantes, como se verá más adelante, en este mismo apartado. Un poco más al sur del Montsant, y en el límite E de la comarca, se encuentran algunas estribaciones, con altitudes entre 200 m y 500 m, que delimitan la depresión central del Priorat. Las zonas de menor altitud de la comarca se encuentran al SO hasta enlazar con la comarca de la Ribera d'Ebre.



Figura 3.- Mapa orográfico del Priorat y comarcas limítrofes. (Fuente: Institut Cartogràfic de Catalunya; Escala= 1:370.000; los colores más claros corresponden a una mayor altitud).

2.4. Características edafo-climáticas de la zona

2.4.1. Origen geológico de los suelos

El Priorat puede dividirse en diferentes unidades, según sus características geológicas y geomorfológicas (Figura 4). La tectónica y la litología determinan dicha diversidad, siendo posible encontrar desde suelos paleozoicos hasta sedimentos de los ríos actuales; sin embargo, pueden clasificarse tres zonas particulares: (1) la zona de zócalo paleozoico con una cubierta sedimentaria mesozoica, (2) el sector terciario septentrional y (3) un reducido sector cuaternario en contacto con la cubeta de Mora.

- (1) El zócalo paleozoico representa la zona más extensa y ocupa el núcleo de la comarca. Se trata de materiales depositados antes del período carbonífero que sufrieron un proceso metamórfico posterior; durante el plegamiento Alpino se fragmentaron en bloques, algunos de los cuales presentan filones intrusivos de galena o cuarzo. La erosión ha eliminado, en muchos puntos, la cubierta mesozoica (que sólo se conserva en algunas zonas elevadas), dejando al descubierto los materiales paleozoicos (granito en la zona de Falset y muy meteorizado, así como pizarras del Carbonífero en el resto), que también han

sido erosionados, originando el actual paisaje típico de esta zona, con cerros, lomas redondeadas, zonas de acumulación de materiales arenosos, etc.

Alrededor de la zona paleozoica, se identifican los restos de la cubierta mesozoica, constituida por materiales muy diversos: conglomerados y greses triásicos, en los estratos inferiores, y las calizas, dolomitas, margas y arcillas en los niveles superiores. Estos materiales, depositados durante el mesozoico, fueron afectados por el plegamiento Alpino, siendo la zona SE la que presentó una tectónica más compleja (fallas inversas, cabalgamientos...). Posteriormente, la erosión ha afectado de manera diversa estos materiales, dando lugar a multitud de formas de tipo cárstico.

- (2) El sector terciario septentrional está representado por las sierras del Montsant y de La Llena, formadas durante el Oligoceno, por plegamiento de materiales deltaicos, y separan la zona paleozoica de la Depresión Central Catalana, que empieza en la comarca de Les Garrigues.
- (3) Finalmente, en las terrazas próximas a los cauces de agua y en la zona SO del Priorat, donde el río Siurana se une al Ebro y entronca con la cubeta de Mora, los materiales son mucho más recientes, con sedimentos del Mioceno y cuaternarios, con arcillas, arena, gres, margas y conglomerados. Se trata de materiales parecidos a los suelos más típicos del Baix Camp (al SE del Priorat).

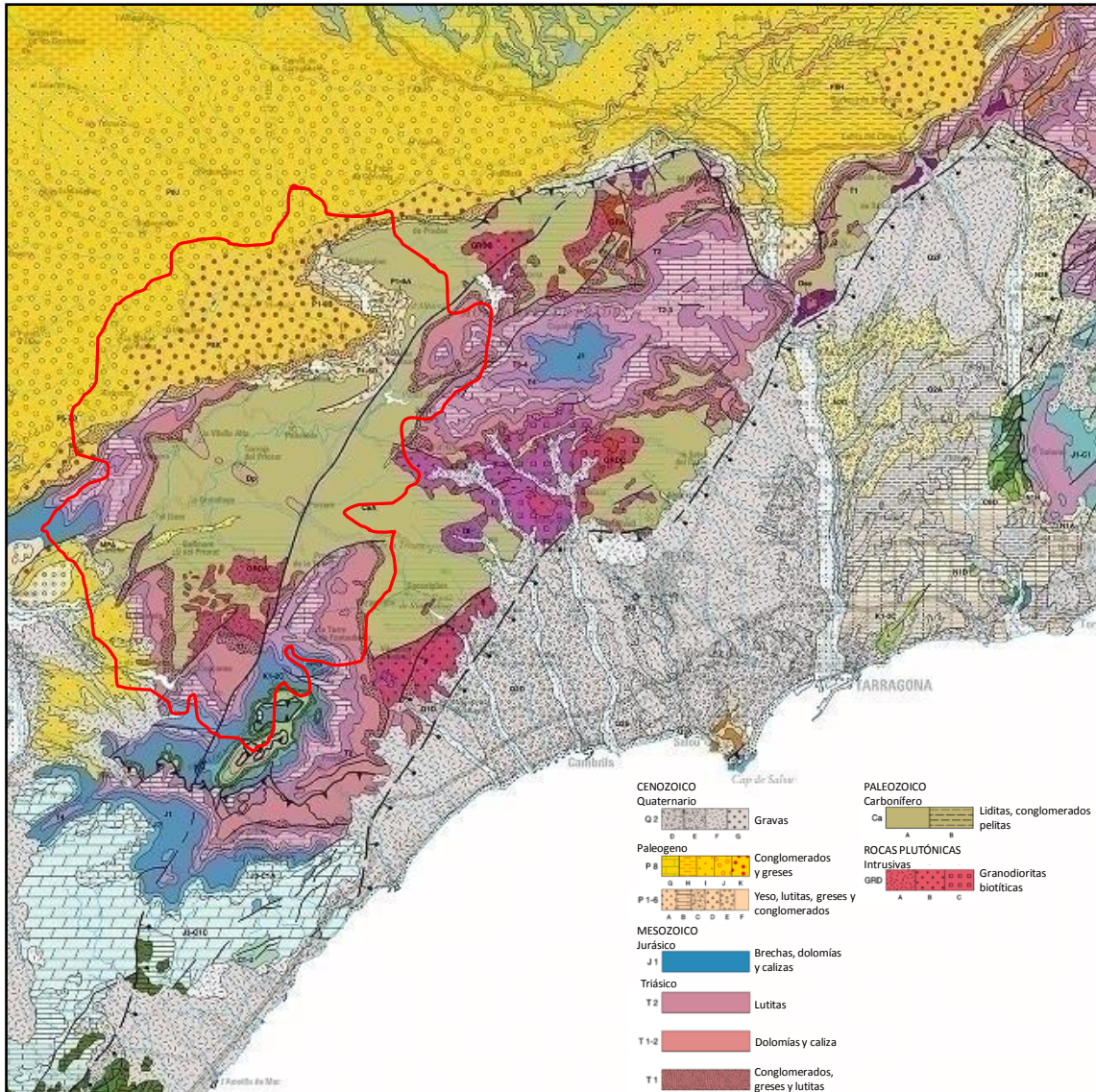


Figura 4.- Mapa geológico del Priorat (delimitado en rojo) y zonas limítrofes. (Fuente: Institut Cartogràfic de Catalunya.)

De acuerdo con este mapa geológico (Figura 4), podemos confeccionar la Tabla 3, que resume el tipo de suelos de los distintos municipios de la comarca, así como la indicación de la almazara donde entregan las aceitunas. Así, se observa que la almazara de La Bisbal de Falset procesa frutos procedentes de olivos cultivados sobre suelos sedimentarios del Terciario; en Cabacés entran aceitunas producidas en terrenos del Terciario y de la cubierta mesozoica; Ulldemolins moltura frutos producidos sobre el zócalo paleozoico, pero también del Terciario; La Vinícola es la almazara que procesa mayor proporción de aceitunas producidas sobre el zócalo paleozoico, aunque algunos municipios asociados también están asentados sobre materiales del mesozoico y del terciario; Torroja también está asentada sobre el zócalo paleozoico; la almazara cooperativa de segundo grado de La Mola (en el término municipal de Marçà), agrupa

municipios de la zona SE, asentados sobre materiales mesozoicos y, en algún caso, paleozoicos; finalmente, las almazaras de El Molar, La Serra y Masroig, procesan frutos obtenidos sobre materiales mesozoicos y terciarios.

En cualquier caso, es evidente que la mayor parte de almazaras procesan aceitunas obtenidas sobre suelos mayoritariamente distintos de los de las comarcas vecinas; así, la comarca de Les Garrigues se asienta sobre materiales terciarios, mientras que La Ribera d'Ebre y el Baix Camp lo hacen sobre materiales cuaternarios. Se trata, por tanto, de un primer elemento diferenciador de la zona de estudio.

Tabla 3.- Geología y fertilidad de los suelos de los distintos municipios del Priorat, agrupados por la localización de la almazara que procesa sus frutos.

Municipio	Almazara	Extensión (km ²)	Edad geológica de los suelos	Fertilidad ^z
La Bisbal de Falset	Bisbal	11,05	Terciario	muy baja / baja
Margalef	Bisbal	34,60	Terciario	muy baja
Cabacés	Cabacés	31,22	Terciario	baja
La Figuera	Cabacés	18,73	Mesozoico	baja
Cornudella del Montsant	Cornudella	62,70	Terciario y Mesozoico	baja
Ulldemolins	Ulldemolins	37,92	Terciario y Paleozoico	baja
Gratallops	Vinícola	13,34	Paleozoico	baja
El Lloar	Vinícola	6,80	Paleozoico	baja
La Morera del Montsant	Vinícola	52,65	Paleozoico y Terciario	baja
Poboleda	Vinícola	13,74	Paleozoico	baja
Porrera	Vinícola	28,54	Paleozoico	baja
La Vilella Alta	Vinícola	5,25	Paleozoico y Mesozoico	baja
La Vilella Baixa	Vinícola	5,38	Paleozoico y Mesozoico	baja
Torroja del Priorat	Torroja	13,05	Paleozoico	baja
Bellmunt del Priorat	La Mola	8,93	Paleozoico	baja / media
Capçanes	La Mola	22,21	Mesozoico	baja
Falset	La Mola	31,80	Mesozoico y Paleozoico	bueno / baja
Marçà	La Mola	16,09	Mesozoico	baja
Pradell de la Teixeta	La Mola	23,87	Mesozoico y Paleozoico	bueno
La Torre de Fontaubella	La Mola	5,05	Mesozoico	media
El Masroig	Masroig	15,50	Terciario y Mesozoico	baja
Els Guiamets	La Serra	11,73	Terciario y Mesozoico	baja
El Molar	El Molar	22,85	Terciario, Mesozoico y Paleozoico	baja

(^z) Fuente: Cobertera (1986)

2.4.2. Fertilidad de los suelos

Entre los pocos estudios de caracterización de los suelos del Priorat, quizás el más completo sea el de Cobertera (1986) que analiza la fertilidad de los suelos de la provincia de Tarragona. Existen otros dos trabajos que analizan zonas concretas de la comarca, con la finalidad de evaluar su puesta en riego, a partir de los embalses de Guiamets (Bosch et al., 1985) y de Margalef (DARP, 1989).

Cobertera (1986) describe la evolución que han sufrido los suelos de la comarca del Priorat por la acción antrópica; así, diferencia los suelos según el tipo de roca madre dominante:

- a.- Roca madre de granito que da lugar a suelos silíceos. Según este autor, la deforestación de estos suelos (con fines de obtención de carbón o para obtener suelos de labor) transformó el perfil inicial, de tipo *pardo* ($A_{00}+A_0+A_1+A_2+B+C$), con poco lavado de bases y pH neutro, en un perfil de tipo *pardo lixiviado* ($Ap+A_2+C$) de poca potencia, con fuertes lavados de bases y materia orgánica, y de escasa fertilidad.
- b.- Roca madre de pizarra que da lugar a suelos silíceos. En el Priorat se puso en cultivo toda la superficie de pizarras lo que originó el truncamiento de los horizontes A y B, debido a la fuerte pendiente del terreno. Sin embargo, la naturaleza fácilmente meteorizable de las pizarras, originando limos y arcillas, permite que el lavado de bases sea reducido.
- c.- Roca madre de materiales no compactados de naturaleza caliza. Normalmente arcillas y margas calizas de piedemonte, acumuladas durante el terciario o el cuaternario y que han permitido una agricultura a lo largo de los años, por la naturaleza no compacta del suelo. En la zona SO, hacia la cubeta de Mora, así como en las zonas N y NO, se pueden encontrar suelos de tipo *pardo*, con un perfil $Ap+A_2+(B)+C$, con cerca de un 2% de materia orgánica en el horizonte Ap, más del 7% de caliza activa y un bajo contenido en fósforo, y también suelos aluviales de mayor fertilidad, en los márgenes de los ríos Montsant, Cortiella y Siurana.
- d.- Roca madre de caliza compacta. Principalmente en la zona del Montsant, donde los paleosuelos de tipo *pardo* han sido muy erosionados, con una rápida mineralización del horizonte A_1 , una importante pérdida de materia orgánica (que actualmente suele ser inferior al 2%), un aumento del contenido en bases de cambio, que conlleva el incremento del pH y el bloqueo de elementos nutritivos, principalmente el fósforo.

Los trabajos de Cobertera se basan en establecer un índice de fertilidad que tenga en cuenta tanto los materiales que forman el suelo como la acción del laboreo, es decir,

tiene en cuenta los valores analíticos NPK de muestras de suelo arable. De acuerdo con estos datos, los suelos del Priorat pueden clasificarse de la siguiente forma:

- a.- Suelos terciarios y del mesozoico, situados al S y SO de la comarca (Falset y La Serra d'Almos, ya en la comarca de la Ribera d'Ebre). Procedentes de sedimentación de materiales calizos (arcillas, margas, calizas, areniscas y conglomerados), bastante similares a los del Camp de Tarragona, suelen ser pobres en materia orgánica, muy deficientes en fósforo, deficientes en potasio, pH entre 8 y 8,5, caliza activa entre 30 y 40% y de baja fertilidad. En el caso concreto de la zona del Molar, los suelos proceden de degradación de areniscas y presentan unos niveles de materia orgánica muy bajos y una fertilidad también muy reducida. En el estudio del DARP relativo al embalse de Margalef (zona NO que comprende Margalef, La Bisbal de Falset, Cabacés i La Vilella Baixa) se describen suelos de características parecidas, excepción hecha de algunas zonas de La Vilella que pertenecen al zócalo paleozoico, y presentan propiedades como las descritas en el siguiente subapartado.
- b.- Suelos del zócalo paleozoico ricos en pizarras. Según este autor, se trata de suelos de composición bastante uniforme, a lo largo de toda la zona. Son suelos pobres en materia orgánica, muy deficientes en fósforo, pobres en potasio, de pH entre 7,5 y 8 y caliza activa inferior al 2%, con una fertilidad algo mayor en las zonas más elevadas de los cerros que en su base, debido a las fuertes pendientes que no permiten la formación de zonas de acumulación de materiales erosivos.

A partir de datos analíticos Cobertera elabora un mapa de fertilidad de los suelos de la provincia, aunque no aporta los valores concretos en que se basa. El resumen de dicha información se ha incluido en la Tabla 3, donde puede observarse que el nivel de fertilidad de la comarca es bajo, siendo muy bajo en la zona de La Bisbal (NO) y algo superior en algunos municipios del SE, como Falset, La Torre de Fontaubella y Pradell de la Teixeta, todos ellos integrados en la almazara cooperativa de La Mola.

Valga como resumen de este apartado que se trata de suelos bastante homogéneos en la zona de mayor extensión, sobre el zócalo paleozoico, algo más diversos en las zonas

periféricas de épocas más recientes, y que en su conjunto pueden considerarse como de baja fertilidad, aunque suficiente para el cultivo del olivo.

2.4.3. Climatología

La situación geográfica y las particularidades del relieve de la comarca del Priorat determinan, en parte, su especial climatología. En efecto, las corrientes de aire procedentes del Mediterráneo tienen dificultad en superar las cadenas montañosas del E y S de la comarca, mientras que por el N, la sierra del Montsant supone un obstáculo a la penetración de los vientos fríos de componente norte. La altitud es otro factor a considerar, aunque también lo son la orientación y la exposición.

La literatura descriptiva del Priorat (enciclopedias, páginas web comarcales, etc.) coincide en que las temperaturas medias oscilan entre los 14°C de la zona central de la comarca y los 11°C de La Bisbal de Falset (NO); de hecho en toda la zona al norte de la sierra del Montsant las temperaturas son inferiores debido a la acción de las corrientes frías del norte, mientras que al sur de dicha cadena montañosa el frío es menos intenso. A lo largo del año, las temperaturas muestran un cierto carácter continental, con diferencias superiores a 15°C entre enero y julio; también, las temperaturas medias de verano son similares a las del litoral, mientras que las de invierno son muy inferiores y las heladas son frecuentes, siendo mucho más parecidas a las de la comarca vecina de Les Garrigues. La amplitud térmica (Figura 5) muestra una clara transición entre la comarca del Baix Camp (14-16°C) y la de Les Garrigues (18-20°C).

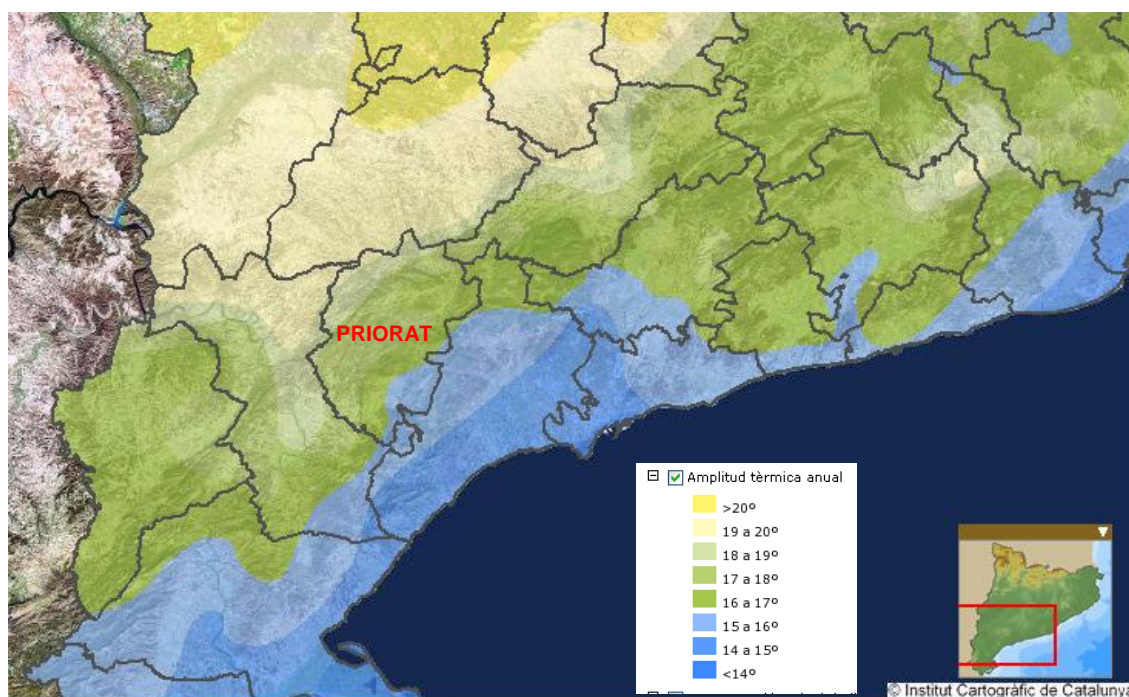


Figura 5.- Amplitud tèrmica del Priorat y comarcas limítrofes. (Fuente: Institut Cartogràfic de Catalunya; Escala= 1:740.000).

La Tabla 4 resume los valores medios de temperatura, para el período estudiado (2002-2007), en comparación con otras estaciones de la zona litoral e interior, que permiten comprobar la similitud de las condiciones térmicas de Margalef y Ulldemolins con la vecina comarca de Les Garrigues, así como que las estaciones de la zona central (Torroja) y Sur del Priorat (Masroig y Falset) muestran valores intermedios entre aquellos y los de la comarca litoral del Baix Camp.

Tabla 4.- Temperaturas medias y períodos libres de heladas en distintas localidades del Priorat, Baix Camp y Garrigues. Período 2002-2007 (fuente: “Xarxa Agrometeorològica de Catalunya”).

Estación	Comarca	T media anual °C	T media Enero °C	T media Julio °C	diferencia TE-TJ °C	T media verano °C	T media otoño °C	T media invierno °C	meses libres de heladas 7-2-0 °C
Riudoms	BaixCamp	15,9	9,0	24,1	15,1	23,3	16,8	9,1	6 / 8 / 11 ⁽²⁾
Constantí	Tarragonés	16,0	8,5	24,6	16,1	23,8	17,1	8,8	6 / 7 / 8
Falset	Priorat Sur ⁽¹⁾	14,9	7,2	22,4	15,4	22,7	14,6	7,9	3 / 7 / 7
Masroig	Priorat Sur	15,6	6,6	25,6	19,0	24,6	16,1	7,0	4 / 6 / 7
Torroja	Priorat Centro	14,9	6,6	24,8	18,2	23,5	15,7	6,5	3 / 6 / 7
Margalef	Priorat Norte	14,6	5,5	24,8	19,3	23,9	15,4	5,9	- / - / - ^(x)
Ulldemolins	Priorat Norte	13,6	4,6	23,8	19,2	22,8	14,4	5,1	- / - / -
Castellans	Garrigues	14,6	5,0	24,7	19,7	23,7	14,9	5,6	4 / 6 / 7
Granadella	Garrigues	13,6	4,6	23,7	19,1	22,7	14,3	5,1	4 / 6 / 7

(¹) número de meses donde la temperatura media de las mínimas absolutas supera los 7, 2 y 0°C, respectivamente.

(²) la referencia a las zonas sur, centro y norte, en el Priorat, corresponden a la clasificación de la Figura 12;(x) sin datos de Tmax y Tmin en el período considerado.

Normalmente, las precipitaciones oscilan entre 500 y 600 mm/año, excepción hecha de la zona de Falset, donde se superan dichos valores, o la zona O en que casi no se

alcanzan. Las lluvias se concentran en primavera y otoño, siendo mayo, septiembre y octubre los meses más lluviosos, mientras que julio y febrero son los más secos. Sin embargo, en el período del presente estudio, dichos valores sólo se han alcanzado en los años 2002 y 2003, mientras que entre 2004 y 2007 han resultado claramente inferiores, de manera que los valores medios 2002-2007 han oscilando entre los 389 mm de Margalef y los 493 de Ulldemolins (Tabla 5).

Tabla 5.- ETP y tipo de clima según Thornthwaite, en diferentes estaciones climáticas del Priorat, Les Garrigues y Baix Camp. Período 2002-2007.

Estación	Comarca	T media (°C)	Lluvia (mm/año)	ETP (mm/año)	Im ^(z)	Ih ^(y) (%)	Ia ^(x) (%)	Ic ^(w) (%)	clima
Constantí	Tarragonés	16,1	581	840	-17,1	3,9	36,1	49,9	C ₁ B' ₂ db' ₄
Riudoms	Baix Camp	15,9	522	827	-22,1	0,0	36,9	49,1	DB' ₂ db' ₄
Falset	Priorat Sur ^(v)	14,9	407	795	-26,3	7,4	56,1	49,6	DB' ₂ db' ₄
Masroig	Priorat Sur	15,6	441	843	-29,7	0,0	49,6	52,7	DB' ₂ db' ₃
Torroja	Priorat Centre	14,9	399	810	-32,8	0,0	54,6	51,5	DB' ₂ db' ₄
Margalef	Priorat Nord	14,6	389	802	-26,6	2,4	48,4	53,5	DB' ₂ db' ₃
Ulldemolins	Priorat Nord	13,6	493	763	-21,1	3,7	41,4	53,2	DB' ₂ db' ₃
Castelldans	Garrigues	14,6	325	805	-29,2	0,0	48,7	52,6	DB' ₂ db' ₃
Granadella	Garrigues	13,6	332	763	-33,9	0,0	56,5	52,7	DB' ₂ db' ₃

(^z) Im: Índice hídrico anual; (^y) Ih: Índice de humedad; (^x) Ia: Índice de aridez; (^w) Ic: Índice de concentración estival; (^v) la referencia a las zonas sur, centro y norte, en el Priorat, corresponden a la clasificación de la Figura 12.

López Bonillo (1988) estableció una caracterización climática de la provincia de Tarragona, aplicando los métodos de Thornthwaite y de Papadakis. Con respecto del primero, este autor establece tres zonas climáticas para el Priorat:

- C₁B'₂db'₄: que afectaría a toda la zona al sur del Montsant y hasta las montañas que cierran la comarca por el O, el S y el E. Se trata de un clima seco subhúmedo (C₁), mesotérmico con una ETP elevada (B'₂), o muy elevada (B'₃) como en el caso concreto de La Serra d'Almos (en la comarca vecina de la Ribera d'Ebre), un índice de humedad casi nulo (d) y una eficacia térmica en verano alrededor del 50% (b'₄, definida como la relación porcentual entre la ETP de verano respecto a la anual).
- C₁B'₂sb'₄: en la zona central de la comarca, muy parecido al anterior, pero con un índice de aridez sensiblemente inferior. Esta clasificación coincide con la

descrita en un trabajo mucho más reciente, aunque de ámbito nacional (Chazarra, 2006).

- $C_2B'_1sb'_4$: en el límite septentrional de la comarca, alrededor de La Bisbal de Falset, siendo el único de tipo subhúmedo debido a la baja ETP asociada a unos valores térmicos relativamente bajos, así como a una pluviometría suficiente para compensar dicha ETP; se trata de la misma clasificación que describe el DARP (1989) en su estudio de la zona regable de Margalef, así como el trabajo de Chazarra (2006) aunque dicho autor le asigna una eficacia térmica estival algo superior (b'_3). Una variante de este clima sería el $C_2B'_2sb'_4$, con una ETP mayor, que se localizaría en la zona septentrional de la sierra de La Llena, en Ulldemolins.

Según esta clasificación, la zona litoral del Camp de Tarragona presentaría un clima seco subhúmedo ($C_1B'_2da'$) con balance de agua negativo, mesotérmico, con una ETP en verano moderada en relación al resto del año y donde se produce una cierta reserva de agua en la estación húmeda, aunque no llega a cubrir las necesidades de los meses de déficit. Por lo que respecta a la comarca de Les Garrigues, presentaría un clima semiárido ($DB'_2db'_4$), con una elevada ETP, sin exceso de agua en ningún momento del año, por lo que presenta sequía estival.

Sin embargo, durante el período 2002-2007, la pluviometría ha sido claramente inferior y el balance hídrico ha variado sensiblemente. En efecto, la Tabla 5 resume los diferentes parámetros que tiene en cuenta el método de clasificación climática de Thornthwaite, donde puede apreciarse que todas las estaciones del Priorat han presentado un clima muy similar entre ellas, de tipo semiárido (D), mesotérmico-II (B'_2), seco sin estación húmeda (d) y donde la concentración estival de la eficacia térmica ha sido moderada (mayoritariamente del tipo b'_3 y sólo al SE disminuye hasta b'_4). En cualquier caso, los valores numéricos indican una clara gradación desde las zonas meridionales hasta las más septentrionales.

En relación a la clasificación climática de Papadakis, López Bonillo (1988) propone dos tipos principales para toda la comarca:

- TE-Me: que afectaría a toda la zona septentrional del Montsant, hasta las montañas que cierran la comarca por el S y el SE, penetrando en la zona SO de

la cubeta de Mora. Se trata de un clima mediterráneo templado, con riesgo de heladas y poca homogeneidad en el régimen de humedades (que oscilarían entre la aridez y las zonas húmedas).

- TE-ME: en la vertiente norte del Montsant y se prolonga hasta la Bisbal de Falset. Se trata de un clima también mediterráneo templado pero con un período libre de heladas muy reducido, con un índice de humedad entre medio y elevado y déficit hídrico sólo en los meses centrales del verano. El estudio del DARP (1989), para la zona regable de Margalef, es mucho más concreto y describe un invierno de tipo *avena cálido*, con verano tipo *arroz*, un régimen térmico templado (TE) y de humedad tipo mediterráneo seco (Me), siendo el tipo climático mediterráneo templado (TE-Me).

Según esta clasificación, la zona litoral del Camp de Tarragona presentaría un clima mediterráneo marítimo (MA-Me), casi sin riesgo de heladas (a veces con temperaturas mínimas absolutas superiores a 0°C), con una ETP superior a la pluviometría. En cambio, la zona de Les Garrigues, al norte del Priorat, presentaría un clima mediterráneo semiárido continental (TE-me), con bajas temperaturas en invierno, altas en verano, una ETP elevada y lluvias muy escasas, lo que determina un largo período seco que abarca primavera y verano.

Al igual que lo observado con el método de Thornthwaite, en el caso de la clasificación de Papadakis también se ha observado una tendencia hacia un clima ligeramente más seco durante los años 2002 al 2007. En efecto, el régimen hídrico ha pasado de mediterráneo seco (Me) a mediterráneo semiárido (me) y, aunque el régimen térmico no ha variado significativamente, sí que lo ha hecho el tipo de verano que ha resultado más caluroso (se ha pasado de un verano del tipo *arroz* al tipo *maíz*), manteniéndose el tipo de invierno; todo ello se traduce en un aumento del carácter continental del clima de la comarca. Estas variaciones coinciden con las observaciones de Ramos-Martín et al. (2008), realizadas en Cabacés, entre otras zonas catalanas, donde describe una tendencia al calentamiento de unos + 0,05°C por año y una disminución de la pluviometría estimable en -0,56 mm por año.

La clasificación climática propuesta por López Bonillo (1998) para la zona Priorat, descrita en los párrafos anteriores, coincide con la descrita por Martín-Vide (1992) y

recogida en el “Atlas Climático de Cataluña” (Figura 6), donde se aprecia claramente cómo la comarca del Priorat presenta un régimen termopluviométrico de tipo Mediterráneo Prelitoral Sud, caracterizado por una pluviometría anual media de 600-800 mm, concentrada en la épocas equinocciales, con una temperatura media anual de 12-14°C y una amplitud térmica de 15-18°C



Figura 6.- División climática de Cataluña, según criterios termopluviométricos. (Fuente: “Servei Meteorològic de Catalunya”).

En cualquier caso, todas las clasificaciones climáticas estudiadas sugieren una climatología particular para la comarca del Priorat, que sirve de transición entre el litoral y las comarcas del interior. En concreto, el balance hídrico es más cercano al de Garrigues, lo cual puede favorecer la acumulación de polifenoles totales en el aceite, como se verá más adelante; mientras que las temperaturas de otoño e invierno están en una situación intermedia, lo que puede favorecer un perfil de ácidos grasos particular

intermedio entre las dos comarcas vecinas. Se trata, junto con las características edáficas, de un segundo factor diferenciador de la comarca.

3. OBJETIVOS

La hipótesis principal de la presente tesis doctoral supone que es posible establecer unas bases de diferenciación sensorial y química, de al menos una parte de los aceites producidos en el Priorat, respecto de aceites de otras zonas productoras, elaborados con la misma variedad ‘Arbequina’. Esta diferenciación debe basarse en el concepto de “tipicidad” del producto, debida al efecto de las condiciones edafoclimáticas de la zona sobre las características del aceite de la variedad ‘Arbequina’ predominante, así como a la influencia de las técnicas de cultivo y a los sistemas de extracción y manejo industrial del producto. Por tanto, se plantea caracterizar todos estos factores en la zona de estudio y analizar cómo se relacionan con las características fisicoquímicas y, principalmente, las sensoriales de los aceites vírgenes obtenidos.

Los objetivos específicos que se plantean en el proyecto de tesis doctoral son:

1. Caracterizar los aceites vírgenes de categoría “Extra”, de la variedad ‘Arbequina’, producidos en las distintas almazaras de la comarca del Priorat, a nivel físico-químico y sensorial, así como definir sus fuentes de variación.
2. Constatar si estos aceites son objetivamente diferentes de otros aceites de ‘Arbequina’ producidos en Cataluña y en otras zonas productoras.
3. Identificar en qué consiste la tipicidad de estos aceites, intentando relacionar sus características con factores propios de la zona Priorat, como son: suelo, clima, técnicas de cultivo aplicadas, hábitos de recolección, así como los sistemas de elaboración del aceite, específicos de cada almazara.
4. Caracterizar la olivicultura y la elaiotecnia de la comarca del Priorat, a lo largo de varias campañas (2002-03 a 2008-09).

En el desarrollo de este proyecto de tesis doctoral se ha pretendido conseguir las respuestas a dichos objetivos con un doble enfoque, en el sentido de que se han realizado experiencias en condiciones de laboratorio, por un lado, junto con experiencias que abarcan el estudio de factores de campo y de almazara. Ello nos ha de permitir obtener unos resultados válidos para ser transferidos de forma eficaz a escala

real, tanto a los agricultores como a las almazaras que procesan las aceitunas para obtener los aceites.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

La diferenciación de los aceites del Priorat debe basarse en el concepto de “tipicidad” del producto, debida al efecto que sobre el aceite tienen las condiciones edafo-climáticas de la zona, así como las técnicas de cultivo, los hábitos de producción y los sistemas de extracción y manejo del aceite. Por tanto, lo que se plantea es llevar a cabo una caracterización de todos estos factores dentro de la zona de estudio y establecer relaciones con las características físico-químicas y sensoriales de los aceites obtenidos.

Por otra parte, también deben establecerse diferencias objetivas con aceites de la misma variedad producidos en otras zonas, cuyas características de zona y clima son distintas.

En cualquier caso, los parámetros diferenciales del aceite deben ser percibibles por los consumidores, por lo que se considera prioritario analizar parámetros sensoriales y parámetros físico-químicos que puedan tener una influencia sobre el perfil sensorial final del aceite.

4.1. Duración del estudio

Se han estudiado las cosechas 2002-03 hasta 2008-09, aunque la mayor intensidad del trabajo corresponde a las campañas 2003-07 a 2007-08.

En el caso concreto de los estudios de composición química (ácidos grasos, esteroides, polifenoles) se han analizado muestras de las cosechas 2003-04, 2004-05, 2005-06 y 2008-09.

En el momento de la presentación de esta tesis (año 2011) todavía prosiguen algunos trabajos en la zona de estudio.

4.2. Toma de muestras

La caracterización de los aceites producidos en una comarca requiere de sistemas de muestreo que incluyan la totalidad del aceite producido en cada almazara, durante varios años. Para ello, se han muestreado sistemáticamente todos los depósitos de cada almazara, una vez llenos. En ningún caso se han tomado muestras de depósitos incompletos, cuyos resultados de análisis pudieran cambiar posteriormente, al introducir aceite nuevo. Se ha diferenciado entre el muestreo de depósitos recién formados y las

muestras de seguimiento posterior en bodega; la caracterización se ha realizado en base al primer grupo de muestras.

La técnica de toma de muestras utilizada ha sido la descrita en la norma ISO 5555, tomando submuestras a distintos niveles del depósito, homogeneizándolas en un recipiente de donde se toma la muestra definitiva. Este procedimiento sólo ha sido posible en el caso de depósitos enterrados, ya que los depósitos aéreos sólo se pueden muestrear mediante los grifos situados para dicho fin.

En recepción, a lo largo de toda la campaña y con una periodicidad de dos días por semana, se ha visitado cada almazara del Priorat y se han tomado muestras de frutos (Figura 7), a la salida de la tolva de almacenamiento. Estas muestras se han analizado, el mismo día, en la planta piloto del IRTA-Mas de Bover (Constantí, Tarragona), según los parámetros descritos en el apartado 4.9.



Figura 7.- Muestra de frutos tomada en la descarga de tolva de almacenamiento para su análisis en laboratorio. El código indica la almazara (P09), la muestra de fruto (F01) y el número de hoja de visita (0586).

Las muestras de aceite se envasaban en tarro de cristal, de donde se tomaban tres submuestras, una para cada tipo de análisis:

- Análisis sensorial, realizado por el Panel de cata oficial de aceite de oliva virgen de Cataluña, con sede en Reus y adscrito al Laboratorio Agroalimentario del DAAM (Generalitat de Cataluña).

- Análisis físico-químico, realizado en laboratorio de aceites de la estación Enológica de Reus, adscrito al Laboratorio Agroalimentario del DAAM (Generalitat de Catalunya).
- Técnicas cromatográficas y otras, realizadas en el IRTA de Monells (ácidos grasos, polifenoles, K225 y estabilidad) y en el Laboratorio Agroalimentario del DAAM en Cabrils (ceras y esteroides).

También, en el curso de cada visita, se han tomado, sistemáticamente, datos de condiciones de elaboración (ritmos, temperaturas, coadyuvantes, adición de agua, etc), aunque dichos datos no forman parte de la presente tesis.

4.3. Descripción edafo-climática de la zona

La descripción edafo-climática de la zona se ha realizado a partir de los datos publicados disponibles, como ya se ha comentado en los antecedentes. La caracterización climática, además, se ha completado a partir de datos provenientes de las estaciones de la “Xarxa Agrometeorològica de Catalunya”, correspondientes a los años del estudio (2002-2008) y considerando dos clasificaciones climáticas diferentes, la de Thornthwaite y la de Papadakis.

Las estaciones climáticas disponibles en la zona son las de Falset, Margalef, Masroig, Torroja y Ulldemolins. También se han analizado los datos de estaciones de las comarcas vecinas (Benisanet y Vinebre en La Ribera d’Ebre; Castellidans y La Granadella en Les Garrigues; Riudoms y Prades en El Baix Camp y Constantí en el Tarragonès).

Los datos climáticos se han utilizado para relacionarlos con las características finales de los aceites obtenidos en la zona.

Los parámetros climáticos considerados han sido:

- Temperaturas: medias (anual, enero, julio, verano, otoño e invierno), diferencia entre temperaturas medias de enero y julio, meses libres de heladas.
- Precipitación y evapotranspiración potencial (ETP) anuales.
- Índices climáticos:

- Índice de humedad (Ih): se define como el conjunto de los excesos de agua (según un balance hídrico directo con reserva máxima de 100 mm) en porcentaje respecto a la ETP anual.
- Índice de aridez (Ia): se define como el porcentaje de la falta de agua de los distintos meses respecto a la ETP del año.
- Índice hídrico anual (Im): también denominado índice de humedad global, se define como el porcentaje de excesos menos el 60 % del porcentaje de falta de agua.
- Índice de concentración estival (Ic): se define como el porcentaje de ETP correspondiente al verano (junio, julio y agosto).

Las clasificaciones climáticas se han realizado a partir de los parámetros climáticos anteriores y utilizando las tablas propuestas por:

- Tablas de clasificación climática de Thornwaite: Chazarra (2006).
- Tablas de clasificación climática de Papadakis: página oficial del MARM (<http://sig.marm.es/Docs/PDFServiciosProd2/ClasificacionPapadakis.pdf>)

4.4. Encuesta de cultivo

Con el fin de caracterizar la olivicultura de la comarca del Priorat, en el año 2004 se realizó una encuesta entre los productores, aprovechando la colaboración de las cooperativas incluídas en el estudio, que facilitaron su distribución y recuperación de los resultados. Dicha encuesta incluye la siguiente información:

1. Localización de las parcelas y propietario:
 - Número de socio, municipio, polígono y parcela catastrales.
2. Características de la finca:
 - Superficie, altitud, orografía.
3. Variedades y edad del olivar.
4. Cultivos asociados.
5. Técnicas de cultivo:
 - Producción convencional-integrada-ecológica.
 - Regadío-secano, épocas, frecuencia y dosis de riego.
 - Abonado, frecuencias, productos y dosis.
 - Manejo del suelo (labores, frecuencia, cubierta vegetal-herbicidas).

- Poda (sistema y frecuencia).
- Tratamientos fitosanitarios (productos, épocas, dosis, plagas y enfermedades a combatir).
- Recolección (época, sistema, mano de obra).
- Transporte hasta la almazara (sistema, frecuencia).

Los resultados de esta encuesta se han utilizado para confeccionar los diferentes apartados descriptivos que se detallan a continuación.

4.5. Descripción de las variedades de la zona

Se han estudiado las variedades más relevantes de la zona ('Arbequina' como la principal y otras de secundarias como 'Rojal', 'Empeltre', 'Morrut', 'Farga'...). Para ello:

- Se ha llevado a cabo una revisión bibliográfica previa, sobre estudios de variedades en Cataluña (Tous, 1990 y 1991; Tous et al., 1990; Tous y Romero-Aroca, 1993; Tous et al., 2008).
- Se ha revisado la base de datos del SIG oleícola, donde se detallan las variedades cultivadas, declaradas por los agricultores.
- Se ha realizado la encuesta de cultivo a los productores de la zona.
- Se han realizado visitas de campo, para completar la información.
- Se han analizado muestras de frutos, tomadas a la entrada de cada almazara, a lo largo de cada una de las diferentes campañas del estudio. Sobre las muestras (1 kg de aceitunas) se han calculado las proporciones aproximadas de cada variedad, tomándose una fotografía para revisión posterior (Figura 8).

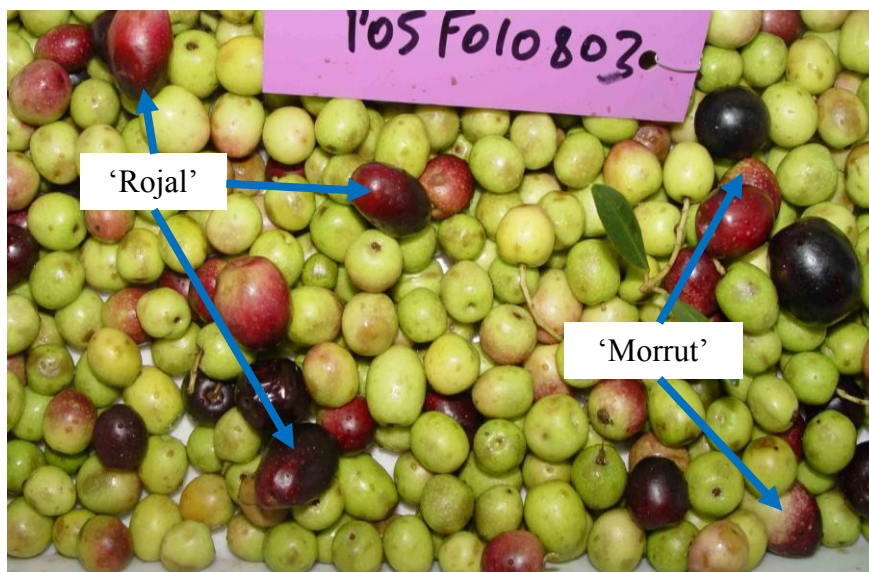


Figura 8.- Otras variedades identificadas en una muestra de frutos de ‘Arbequina’, tomada en la descarga de la almazara de código P05, correspondiente a la hoja de visita 0803.

4.6. Descripción de las técnicas de cultivo

Se ha llevado a cabo mediante la encuesta descrita anteriormente. En concreto, se ha consultado sobre el tipo de producción, dosis de riego, dosis de abonado, manejo del suelo, tratamientos fitosanitarios, sistemas de recolección y método de transporte de los frutos hasta la almazara.

Posteriormente, dicha información se ha procesado estadísticamente, calculando la proporción de hectáreas de olivar relacionadas con cada técnica de cultivo, para cada almazara de destino de los frutos.

4.7. Descripción de las almazaras y bodegas

En total se han estudiado 9 cooperativas, que constituyen la “Associació d’Oleicultors del Priorat” (AOP) y que molturan aceitunas de toda la comarca; estas cooperativas son: La Bisbal de Falset (también moltura las aceitunas de Margalef), Cabacés (también procesa frutos de La Figuera), Molí de La Mola en Marçà (moltura aceitunas de Bellmunt, Falset, Capçanes y La Torre de Fontaubella y Pradell de la Teixeta), El Molar, El Masroig, La Serra d’Almos (también moltura aceitunas de Els Guiamets), Torroja (a partir de la cosecha 2009-10 empezaron a molturar en La Vinícola), Ulldemolins (también procesa frutos de Juncosa y Pobla de Cèrvoles) y La Vinícola del Priorat (aglutina la producción de Gratallops, Morera del Montsant, El Lloar, Poboleda,

Porrera, Vilella Baixa y Vilella Alta, siendo la almazara de este último municipio donde se molturan los frutos). La Figura 9 muestra las zonas que suministran aceitunas a cada una de las almazaras.

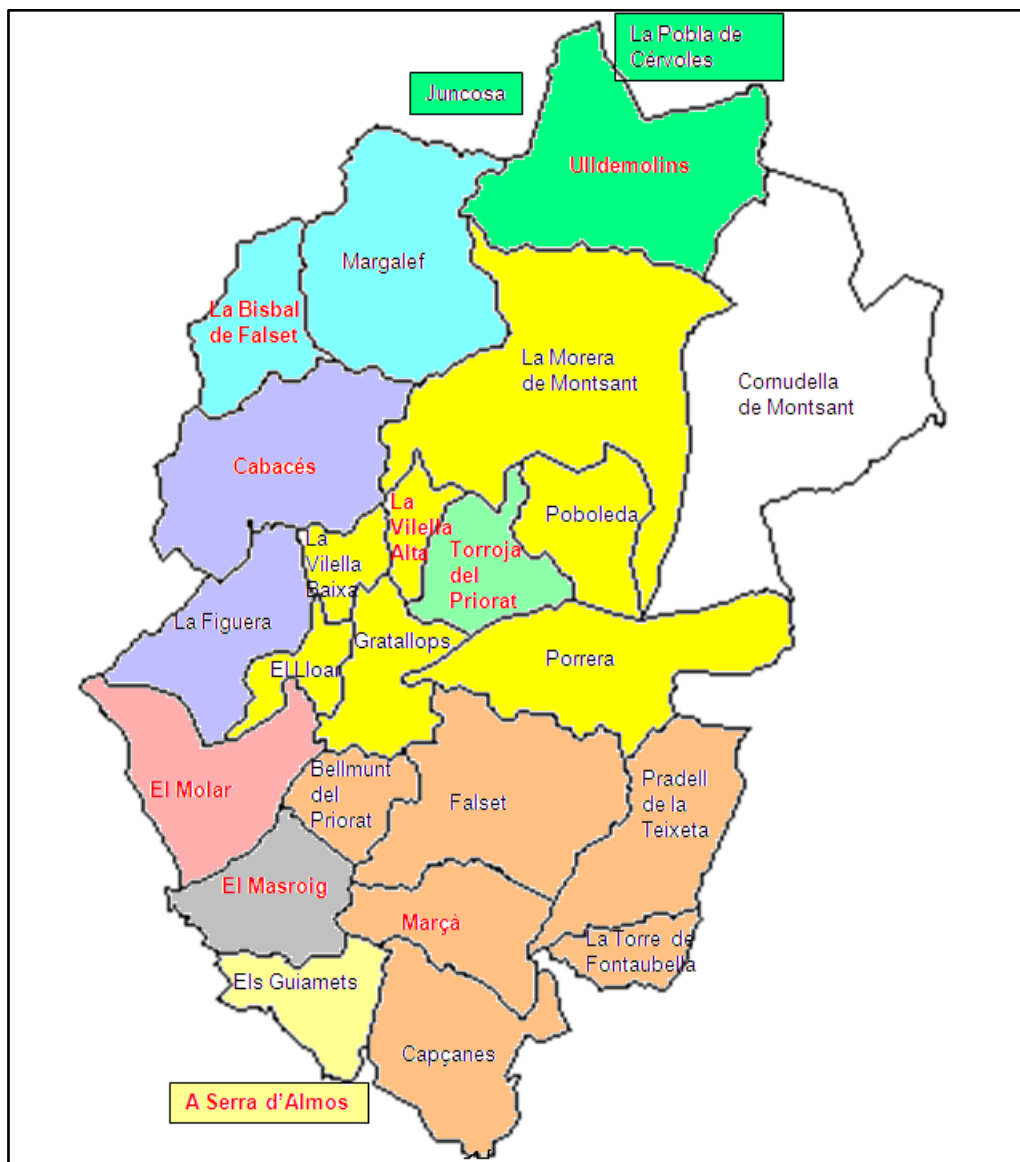


Figura 9.- Almazaras de la AOP (en rojo) junto con los municipios que les aportan las aceitunas (agrupados por colores). Cornudella del Montsant está fuera de la AOP y no forma parte del presente estudio.

Se han descrito los sistemas, instalaciones, capacidades teóricas y condiciones normales de proceso para cada almazara y bodega de aceite del Priorat. También, se han considerado aspectos como la limpieza, el grado de formación de los maestros almazareros, los ritmos de entrada de aceitunas, la gestión de las bodegas, etc.

Las visitas regulares realizadas en cada campaña, durante los 6 años del estudio, deberían proporcionar una visión global suficientemente precisa del sector elaborador.

4.8. Descripción de las condiciones de elaboración en campaña

Como ya se ha indicado anteriormente, se han realizado dos visitas semanales a cada almazara, durante toda la campaña y en los distintos años del estudio. Ello representa unas 150 visitas por año al conjunto de todas las instalaciones de la AOP.

En cada visita se han tomado, sistemáticamente y utilizando un formulario, datos sobre las condiciones de trabajo de cada línea de extracción, que incluye información sobre recepción de frutos (tiempo de almacenamiento), regulaciones del triturador (criba y ritmo de alimentación), batido (temperatura, tiempo y coadyuvantes), decánter (inyección de masa y de agua, número de chapa de salida de aceite, temperatura del agua y del aceite a la salida y aspecto del aceite en el vibrofiltro de salida), centrifuga vertical (relación agua:aceite, temperaturas de entrada y salida del agua y del aceite, ritmo de las descargas) y, finalmente, depósito de destino en bodega.

También, en cada visita, se han tomado muestras de frutos y subproductos (alperujo), cuyo análisis (grasa y humedad) permite conocer la eficiencia extractiva de cada almazara, a partir de la relación entre el aceite que entra con los frutos y el aceite perdido en el alperujo. Todo ello facilita la trazabilidad de los datos, pudiendo relacionar fruto-proceso-aceite.

4.9. Determinaciones analíticas en las aceitunas, como materia prima de los aceites

En cada visita a las almazaras se han tomado muestras de fruto (1-2 kg/muestra), a la salida de las tolvas de almacenamiento. Dichas muestras se llevaban a la planta piloto del IRTA-Mas de Bover, donde se procedía a su estudio: identificación de variedades, estado sanitario, índice de maduración (según Uceda y Frías, 1975 y Romero-Aroca et al., 2002), peso medio del fruto (g) y del hueso (g), relación pulpa/hueso, contenido en humedad (%) y aceite (%) (método NIR por transmisión, mediante equipo FOSS-Olivescan, a partir de la muestra triturada), así como una fotografía digital de los frutos para revisiones posteriores.

4.10. Determinaciones analíticas en el aceite

Se han realizado análisis de parámetros físico-químicos y sensoriales de los aceites de las bodegas, tomando muestras (500 mL) justo cuando se terminaba de llenar cada depósito. En total se han tomado entre 80 y 120 muestras de aceite por campaña, dependiendo del volumen de la cosecha de cada año.

- Parámetros físico-químicos analizados:
 1. Acidez libre (% ácido oleico), índice de peróxidos (meq O₂/kg aceite), absorbancia en el UV (K₂₃₂ y K₂₇₀), humedad (%) e impurezas (%). Se han analizado en el Laboratorio Agroalimentario de la Generalitat de Cataluña, siguiendo normas oficiales (UE 2568/91).
 2. Composición en ácidos grasos. Obtención de los ésteres metílicos de los ácidos grasos, según norma UNE 55307, en que se realiza una transesterificación básica con metilato sódico, seguida de una metilación ácida con metanol-sulfúrico. Los ácidos grasos se han determinado por cromatografía de gases en columna capilar, con detector de ionización de llama, utilizando helio como gas portador. Los resultados se expresan como % relativo del área total integrada. Los análisis se han realizado en los laboratorios del IRTA-CTC (Monells).
 3. Polifenoles totales. Según la metodología propuesta por Vázquez Roncero et al. (1973), a partir de una extracción de compuestos fenólicos mediante hexano y metanol-agua (60:40 v/v) que, posteriormente, se hacen reaccionar con el reactivo de Folin-Ciocalteu en medio básico, midiéndose el compuesto resultante en un espectrofotómetro a 725 nm. Los resultados se expresan en ppm de ácido caféico. Los análisis se han realizado en los laboratorios del IRTA-CTC (Monells).
 4. Índice de amargor (K₂₂₅). Determinado por absorbancia a 225 nm, a partir de los extractos hidroalcohólicos obtenidos del aceite, mediante extracción en fase sólida, en columnas de 6 mL de capacidad y rellenas de fase enlazada de C18. Los resultados se expresan como extinción

específica a 225 nm. Los análisis se han realizado en los laboratorios del IRTA-CTC (Monells).

5. Estabilidad Rancimat (120°C y 20 l/h). Las muestras se han sometido a oxidación forzada a 120°C y con paso de aire (20 l/h), registrando las variaciones de conductividad en trampa de agua bidestilada, debidas a la acumulación de compuestos volátiles producidos por la oxidación. Los análisis se han realizado en los laboratorios del IRTA-CTC (Monells).
6. Susceptibilidad oxidativa. Se calcula a partir de los contenidos (expresados en %) en ácidos grasos monoinsaturados (MUFA), ácido linoleico (C18:2) y ácido linolénico (C18:3), según la siguiente expresión (Simões et al., 2002, citando a Cert et al., 1996):

$$s. oxidativa = MUFA(\%) + 45 \times C18:2(\%) + 100 \times C18:3(\%)$$

7. Composición en esteroides. Según el método oficial descrito en la norma UE2568/91 (anexos I y VI). La muestra de aceite se saponifica con una solución etanólica de hidróxido potásico, separándose la fracción insaponificable con éter etílico y separando la fracción esteróica por cromatografía en capa fina sobre placa de gel de sílice. La composición en esteroides se analiza por cromatografía de gases, en columna capilar, con helio como gas portador, añadiendo un patrón de α -colestanol y detector de ionización de llama. Los resultados se expresan como % del área total integrada. Análisis realizados en el Laboratorio Agroalimentario de la Generalitat de Cataluña.
8. Contenido en ceras. Según el método oficial descrito en la norma UE2568/91 (anexo IV). La materia grasa, a la que se habrá añadido un patrón interno adecuado, se fracciona mediante cromatografía en columna de gel de sílice hidratado; se recupera la fracción eluida en primer lugar en las condiciones de ensayo (cuya polaridad es inferior a la de los triglicéridos) y, a continuación, se analiza directamente mediante cromatografía de gases en columna capilar. Análisis realizados en el Laboratorio Agroalimentario de la Generalitat de Cataluña.

- Parámetros sensoriales: se ha definido el perfil de atributos positivos y negativos, y la clasificación comercial, según la norma UE 796/2002. Los resultados se expresan en una escala de 10 cm. Los análisis los ha realizado el Panel de Cata Oficial de Aceite de Oliva Virgen de Cataluña, trabajando en grupos de un mínimo de 8 catadores por muestra, en presentación aleatoria. Dicho panel ha mantenido el reconocimiento oficial del Consejo Oleícola Internacional (COI), durante todos los años del estudio y está acreditado por ENAC para el cumplimiento de la norma ISO 17025, desde 2008; también, se dispone de los registros de control de fiabilidad (precisión, exactitud y desviación media por atributo) del grupo y de todos los catadores, durante todos los años del estudio.
- Puntuación sensorial equivalente (PE), cuyo valor se ha estimado a partir del algoritmo propuesto por Romero-Aroca et al. (2009), que ya está incorporado a la hoja EXCEL de cálculo del “Panel de Cata Oficial de Aceite de Oliva Virgen de Cataluña”; dicho algoritmo presenta dos etapas sucesivas de cálculo:
 1. En una primera etapa se valoran los atributos positivos y negativos del aceite, a partir de las medianas de intensidad del panel de catadores. Esta valoración consiste en una ponderación matemática de dichos valores de mediana, que da como resultado un valor entre 0 y 50; la ponderación sigue el siguiente procedimiento:
 - *Frutado* (si lo perciben 2/3 del panel):
 - $2 \times \text{frutado}$
 - 0 si no es percibido por al menos 2/3 de catadores
 - *Manzana* (si lo perciben 2/3 del panel):
 - $\text{manzana}/2$ (si $\text{manzana} \leq 4$)
 - $4 - \text{manzana}/2$ (si $4 < \text{manzana} \leq 8$)
 - 0 si $\text{manzana} > 8$ o si no lo perciben 2/3 de catadores
 - *Frutas maduras* (si lo perciben 2/3 del panel):
 - 1 (si $\text{frutas maduras} \leq 4$)
 - 0 en caso contrario o si no lo perciben 2/3 de catadores
 - *Verde* (si lo perciben 2/3 del panel):
 - verde (si $\text{verde} \leq 4$)
 - $(4 - \text{verde}/2) \times 2$ (si $4 < \text{verde} \leq 8$)
 - 0 si $\text{verde} > 8$ o si no lo perciben 2/3 de catadores
 - *Amargo* (si lo perciben 2/3 del panel):
 - $0,75 \times \text{amargo}$ (si $\text{amargo} \leq 4$)
 - $(4 - \text{amargo}/2) \times 1,5$ (si $4 < \text{amargo} \leq 8$)
 - 0 si $\text{amargo} > 8$ o si no lo perciben 2/3 de catadores

- *Picante* (si lo perciben 2/3 del panel):
 - $0,75 \times \text{picante}$ (si $\text{picante} \leq 4$)
 - $(4 - \text{picante}/2) \times 1,5$ (si $4 < \text{picante} \leq 8$)
 - 0 si $\text{picante} > 8$ o si no lo perciben 2/3 de catadores
- *Dulce* (si lo perciben 2/3 del panel):
 - $\text{Dulce} \times 2/3$ (si $\text{dulce} \leq 6$)
 - $(\text{dulce}/2 - 4) \times 4/3$ (si $6 < \text{dulce} \leq 8$)
 - 0 si $\text{dulce} > 8$ o si no lo perciben 2/3 de catadores
- *Astringente* (si lo perciben 2/3 del panel):
 - *Astringente* (si $\text{astringente} \leq 2$)
 - $3 - \text{astringente}/2$ (si $2 < \text{astringente} \leq 6$)
 - 0 si $\text{astringente} \geq 6$ o si no lo perciben 2/3 de catadores
- *Otros atributos* (si lo perciben 2/3 del panel):
 - *Otros* (si $\text{otros} \leq 4$)
 - $(4 - \text{otros}/2) \times 2$ (si $4 < \text{otros} \leq 8$)
 - 0 si $\text{otros} > 8$ o si no lo perciben 2/3 de catadores
- *Complejidad*:
 - Número de atributos secundarios, distintos de verde, percibidos por al menos 1/3 de catadores
- *Defectos*:
 - Número de atributos negativos percibidos por al menos 1/3 de catadores (con signo negativo)
- *Valor* (sobre 50 puntos):
 - Suma de todos los parámetros anteriores

2. En una segunda etapa se calcula la puntuación equivalente, aplicando la expresión:

$$PE = 3,6232 + 0,1207 \times \text{valor}$$

- Índice Global de Calidad: se ha calculado a partir de la expresión propuesta por el COI (1990):

$$IGC = 2,55 + 0,91 \times PE - 0,78 \times IA - 7,35 \times K_{270} - 0,066 \times IP$$

donde la acidez (*IA*) se expresa en % de ácido oleico, el K_{270} en valores de absorbancia a 270 nm, el índice de peróxidos (*IP*) en meq O_2 /kg aceite y la puntuación sensorial equivalente (*PE*) se expresa en una escala numérica de 0-9 puntos calculada con el algoritmo descrito.

- Análisis microbiológicos: El estudio de los microorganismos presentes sobre la superficie de las aceitunas se realizó según lo descrito en Vichi et al. (2008). Brevemente, se prepara una suspensión de 50 g de frutos en 100 mL de agua estéril con un 0,9% de NaCl. Después de 5 minutos en un baño de ultrasonidos, la suspensión se diluye, de manera seriada, en NaCl al 0,9% y se introduce en

cápsulas Petri 100 mL de solución, por triplicado. Los mohos se evalúan en agar Saboraud de glucosa-cloranfenicol; las bacterias lácticas en agar MRS; las bacterias acéticas en agar MYP (2,5% manitol; 0,5% extracto de levadura; 0,3% peptona y 2% agar) suplementado con 100 mg/L de cicloheximida y 50 mg/L de nisina (MYP-CN); las enterobacterias se evalúan en agar violeta-rojo-bili-glucosa; y las *pseudomonas* en agar Cetrimida. La cápsulas se incuban a 30°C durante 3-5 días y los conteos se expresan en log(cfu)/g fruto.

- Fenoles volátiles del aceite: La metodología utilizada (SPME-GC/MS) se describe en Vichi et al. (2008). Brevemente, la microextracción en fase sólida (SPME) se realiza a partir de 2 g de aceite en un vial de 10 mL, añadiendo como patrón interno 4-metil-2-pentanol, y se tapa con un septum de silicona. Los viales se introducen en un baño de silicona a 60°C sobre un agitador magnético (700 rpm). Tras 10 minutos de acondicionamiento, se introduce en el espacio de cabeza una fibra adsorbente (DVB/CAR/PDMS) durante 30 minutos, tras lo cual se introduce inmediatamente en el inyector del cromatógrafo de gases. La identificación de compuestos se realiza por cromatografía capilar de gases acoplada a espectrometría de masas (GC/MS), utilizando un equipo Agilent 5973 Network (Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA). La columna cromatográfica se calienta hasta 240 °C y la temperatura del inyector se regula a 265 °C; el tiempo de desorción de la fibra en el inyector se fija en 10 min; el gas portador es helio (38 cm/s). Respecto de la espectrometría de masas, la temperatura de la fuente de iones se fija a 175 °C y la línea de transferencia a 280°C, regulándose la energía de ionización a 70 eV; se realiza un barrido completo entre 40–300 m/z. Los fenoles volátiles identificados son: m/z 109, 124 (guaiacol), m/z 77, 94 (fenol), m/z 107, 108 (o-, m-, p-cresol); m/z 137, 152 (4- etilguaiacol), m/z 107, 122 (4-etilfenol, 2,3-dimetilfenol), m/z 135, 150 (4-vinilguaiacol), m/z 91, 120 (4-vinilfenol).
- Compuestos volátiles del aceite: La metodología utilizada (HS-SPME-GC/MS) se describe en Vichi et al. (2003). Brevemente, se pesan 2 g de aceite en un vial de 10 mL, añadiendo como patrón interno 4-metil-2-pentanol, y se tapa con un septum de silicona. Los viales se introducen en un baño de silicona a 40°C sobre un agitador magnético (700 rpm). Tras 10 minutos de acondicionamiento, se

introduce en el espacio de cabeza una fibra adsorbente (DVB/CAR/PDMS) durante 30 minutos, tras lo cual se introduce inmediatamente en el inyector del cromatógrafo de gases. Cada extracción se realiza por duplicado. La identificación de compuestos se realizó por cromatografía de gases acoplada a espectrometría selectiva de masas de trampa iónica, utilizando un equipo ThermoFinnigan Trace GC con Polaris (Thermo Electron Corporation, Waltham, MA). Los analitos se separan utilizando una columna de 30 m y 0,25 mm de diámetro interior (Supelcowax-10, Supelco Bellefonte, PA). La temperatura de la columna se mantiene a 40°C durante 5 minutos y, posteriormente, se incrementa hasta 200°C a razón de 4°C/min. La temperatura del inyector es de 250°C y el tiempo de desorción de la fibra en el inyector se fija en 5 minutos. El gas portador es helio (1,2 mL/min). La temperatura de la fuente de iones se regula a 200°C y la línea de transferencia a 275°C. La energía de ionización se regula a 70eV con una intensidad de 250µA. El rango de masas analizado es de 35-350 m/z y los compuestos volátiles se identifican por comparación de su espectro de masas y tiempo de retención en relación a los compuestos estándar o con el uso de librerías (NIST-MS Search 2,0).

4.11. Tipificación de los aceites del Priorat

La tipificación de los aceites del Priorat se ha realizado a tres niveles:

1. Caracterización media del aceite de categoría “extra” del Priorat. A partir del análisis de las muestras de aceite de las distintas cooperativas, momentos de la cosecha y años del estudio y ponderando los datos por el volumen de aceite de cada depósito. Como se detalla en el apartado de análisis estadístico, se ha realizado un estudio de distribución, calculando estimadores de media, desviación estándar, coeficiente de variación, cuartiles y valores extremos.
2. Estudio de las fuentes de variación que determinan las características de los aceites del Priorat (almazara, año y momento de la cosecha), así como el estudio de correlación con diferentes factores relacionados con la almazara (latitud, altitud, técnicas de cultivo y proceso extractivo) y el año (clima y características del fruto), que se relacionan en la Tabla 6. Para el caso del análisis de las fuentes de variación, se han considerado modelos estadísticos lineales de análisis de la varianza, incluyendo los factores almazara, año y la interacción

variedad×año, así como la covariable mes de cosecha, como se detalla en el apartado de análisis estadístico.

Tabla 6.- Factores de zona, clima, técnicas de cultivo, fruto y proceso utilizados en estudios de correlación con características de los aceites del Priorat.

Zona	Clima	Técnicas de cultivo	Fruto	Proceso extractivo
Altitud (m) Latitud (°N) Longitud (°E)	Radiación neta (Mj/m ²) T media anual (°C) T media enero (°C) T media julio (°C) T enero-julio (°C) T media verano (°C) T media otoño (°C) T media invierno (°C) Riego+lluvia (mm) Lluvia (mm) ETP (mm) Índice hídrico (%) Índice de humedad (%) Índice de aridez (%) Índice de concentración estival (%)	Riego (m ³ /ha) Densidad (olivos/ha) Edad (% <50 años) Cultivo en llanos (%) UFN (kg N/ha) UFP (Kg P ₂ O ₅ /ha) U FK (kg K ₂ O/ha) Laboreo (%) Poda Bellaguarda (%) Poda tradicional (%) Poda anual (%)	Arbequina (%) IM (0-7) Peso fruto (g) Peso hueso (g) Pulpa/hueso Aceite (% sobre seco) Humedad (%) Aceite (% sobre húmedo)	T batido (°C) Tiempo batido (min) Ritmo inyección (%) Inyección agua (%) T Cent. Vert. (°C) Pérdida en orujo (%)

3. Comparación frente al aceite de ‘Arbequina’ elaborado en otras zonas de cultivo (Tabla 7), considerando dos casos:

- Comparación de los aceites del Priorat con los de Garrigues (Lleida) y Siurana-Camp (Tarragona). Se han comparado la composición en ácidos grasos y el perfil sensorial del Priorat, Siurana-Camp y Garrigues, en el período 2003-2007. El diseño estadístico considerado consiste en un factorial con repeticiones, analizándolo como un modelo desequilibrado (se ha utilizado el procedimiento MIXED de análisis), donde el año se asimila a un factor aleatorio, siendo la zona de producción un factor de tipo fijo.
- Comparación con aceites de otras zonas productoras catalanas (Baix Ebre, Empordà, Garrigues, Ribera d’Ebre, Siurana-Camp y Terra Alta), españolas (Andalucía, Baleares, La Rioja y Navarra) y de otros países olivareros (provincia de San Juan en Argentina, región de Curicó en Chile, y California en EEUU). También en este caso se considera un modelo factorial altamente desequilibrado.

Tabla 7.- Número de muestras de aceite de ‘Arbequina’ analizadas de cada zona productora, para el caso de composición en ácidos grasos y perfil sensorial.

zona	Ácidos grasos (núm.)	Perfil sensorial (núm.)
Priorat	210	347
Siurana-Camp ^z	54	180
Garrigues	56	56
Otras comarcas catalanas:		
Baix Ebre	29	20
Empordà	--	5
Ribera d’Ebre	17	--
Terra Alta	2	10
Otras zonas españolas:		
Andalucía	16	4
Baleares	1	--
La Rioja	2	--
Navarra	2	--
Otros países:		
Argentina (San Juan)	2	7
EEUU (California)	5	4
Chile (Curicó)	1	--

z: muestras provenientes de la DOP “Siurana”, demarcación Camp en la zona litoral, sin incluir las de la demarcación Priorat.

4.12. Estudios complementarios

Cuando se ha considerado necesario, se han planteado experimentos particulares con el fin de confirmar alguna hipótesis, deducida del plan de trabajo. Normalmente, dichos estudios han dado lugar a sendas publicaciones científicas, de manera que en el presente proyecto de tesis sólo se expone un resumen amplio del trabajo realizado y de los principales resultados obtenidos, en relación a los objetivos de la presente tesis. En cada caso, se comentan los objetivos, la metodología y el diseño estadístico utilizados. Los estudios complementarios han sido los que se detallan a continuación.

4.12.1. Fuentes de contaminación microbiana

4.12.1.1. Contaminación microbiana en diferentes puntos del patio de recepción de frutos de la cooperativa

Se han realizado muestreos para evaluar el nivel de contaminación microbiana en diferentes puntos del patio de las alamazaras del Priorat, y sus efectos sobre la calidad de los aceites obtenidos.

Este primer grupo de trabajos se centró en el caso concreto de la cooperativa de Cabacés, en tres momentos diferentes de la campaña y durante dos campañas sucesivas (2008-09 y 2009-10). Se analizaron frutos en tres puntos diferentes del patio: (1) recepción-descarga (“patio”), (2) salida de la pesadora de frutos (“báscula”) y (3) salida de la tolva de almacenamiento (“tolva”). Sobre muestras de cada punto se analizaron los siguientes parámetros:

- Nivel de contaminación microbiana (mohos, levaduras, enterobacterias, bacterias acéticas, bacterias lácticas y pseudomonas).
- Características de los frutos (proporción de daños, maduración, variedad, relación pulpa/hueso).
- Características del aceite (índices de acidez y de peróxidos, absorción en el UV, perfil sensorial y compuestos volátiles).

El diseño experimental consistía en un modelo factorial con 6 repeticiones (3 épocas y 2 años), siendo los factores el punto de muestreo en el patio.

4.12.1.2. Efecto del agua de lavado de frutos sobre el nivel de contaminación microbiana y sobre las características del aceite

Se ha diseñado un experimento para evaluar los efectos del lavado de frutos, con aguas de alta carga microbiana, sobre las características físico-químicas y sensoriales de los aceites.

Estos estudios se realizaron en la planta piloto de elaboración de aceites del IRTA-Mas de Bover, en la campaña 2009-10. Se utilizó una muestra de 50 kg de frutos de la variedad ‘Arbequina’, cosechados de un mismo árbol, de la finca experimental del centro. Dichos frutos se dividieron en dos lotes iguales, uno se lavó con agua bidestilada y el otro con agua de lavadora de una cooperativa cercana, utilizada durante un día entero de trabajo de dicha cooperativa. Una vez realizada la operación de lavado, se analizó el nivel de microorganismos presentes en cada lote de aceitunas. Los frutos se procesaron en ABENCOR, bajo diferentes condiciones de temperatura (27 y 35°C) y tiempo de batido (30’ y 60’), procediéndose al análisis del aceite obtenido, a nivel físico-químico, sensorial, pigmentos y compuestos volátiles (Vichi et al. 2010).

El diseño estadístico considerado es un factorial múltiple con 3 repeticiones, donde los factores son el tipo de agua utilizado, la temperatura y el tiempo de batido.

4.12.2. Características del fruto determinantes de la calidad del aceite

Estudio de las características del fruto determinantes de la calidad del aceite. Estudio estadístico realizado sobre una submuestra de los datos que permitía relacionar ambos parámetros (calidad de fruto y del aceite).

El procedimiento seguido consistió en establecer la relación de trazabilidad entre las muestras de frutos tomadas en recepción y el depósito de destino del aceite extraído. A continuación, se procedió a promediar las características de los distintos frutos utilizados para elaborar un mismo depósito de aceite, así como identificar aquellos depósitos donde era más difícil establecer el origen de los frutos utilizados para su elaboración (normalmente depósitos de mezcla de distintos aceites, o aceites almacenados durante un largo período de tiempo antes de su comercialización). Finalmente, se procedió a formar una única matriz de datos que incluía, para cada depósito de origen trazable, las características medias de los frutos utilizados para su elaboración y las características físico-químicas y sensoriales del aceite obtenido.

La matriz resultante incluía 77 muestras, con información sobre 12 características de los frutos utilizados y 22 parámetros del aceite virgen obtenido. Dicha matriz se analizó mediante la técnica multivariante del análisis de correlación canónica, considerando como variables explicativas las características de las aceitunas y como variables estimadas las de calidad del aceite.

4.12.3. Variaciones de composición y de perfil sensorial asociados a la mezcla de aceites de ‘Arbequina’ con otras variedades

Estudio del efecto de la mezcla de aceite de ‘Arbequina’ con otras variedades, sobre las características del aceite resultante. Se organizó en dos experimentos sucesivos, desarrollados durante el período 2003-2005:

4.12.3.1. Mezcla de ‘Arbequina’ a diferentes concentraciones con aceite de ‘Koroneiki’

A partir de frutos cosechados en un ensayo comparativo situado en la finca de Mas de Bover (Constantí, Tarragona), extrayendo el aceite en planta piloto (ABENCOR). El diseño experimental consistió en un factorial con 6 repeticiones (2 años y 3 árboles por variedad) y 5 niveles de mezcla entre ambas variedades (expresando la proporción de

‘Arbequina’: 100%, 75%, 50%, 25% y 0%). Se analizaban la composición en ácidos grasos del aceite y su perfil sensorial.

4.12.3.2. Mezcla de aceite de ‘Arbequina’ con un 25% de otras variedades

Experiencia diseñada a partir de los resultados de la anterior, con el objetivo de comprobar si el aceite resultante presenta un perfil sensorial significativamente distinto del de la variedad base ‘Arbequina’. Las variedades consideradas, obtenidas de olivos de las colecciones de Mas de Bover, fueron ‘Arbequina’ (variedad base), ‘Blanqueta’, ‘Empeltre’, ‘Farga’, ‘Koroneiki’, ‘Leccino’, ‘Morrut’ y ‘Rojal’. Se analizó el perfil sensorial de cada muestra (sin mezcla) y de la mezcla al 25% de la variedad considerada con un 75% de ‘Arbequina’. El diseño experimental corresponde a un factorial con 2 repeticiones (2 árboles por variedad).

4.13. Análisis estadístico

Los estudios de caracterización se han realizado a partir de cálculos de distribución muestral, calculando la media, desviación, coeficiente de variación y percentiles.

Para evaluar el peso relativo de los factores *almazara* y *año*, sobre algún parámetro analítico, se ha utilizado el análisis de la varianza (ANOVA), considerando también la interacción *almazara*×*año*. Cuando se analiza el aceite para caracterizar la zona, los valores se han ponderado en relación al volumen de cada depósito considerado. Cuando los tamaños de las muestras eran muy desequilibrados, se ha realizado, también, un análisis por el procedimiento MIXED, con el fin de comprobar los resultados del ANOVA; si estos análisis no eran iguales se daba mayor validez al procedimiento MIXED, por ser más robusto frente a las variaciones del tamaño de las poblaciones.

En aquellas características multicomponentes (ácidos grasos, esteroides y perfil sensorial) también se ha realizado un análisis multivariante de la varianza (MANOVA) para analizar las fuentes de variación que afectan al conjunto de estas características, utilizando el valor λ de Wilks, que se calcula a partir del producto de las varianzas no explicadas y que cuanto más bajo sea su valor más significativo es.

Para aquellos parámetros que pueden estar influenciados por el grado de maduración de los frutos, se ha realizado un análisis de covarianza (ANCOVA), incluyendo la variable maduración en el modelo. El mismo criterio se ha aplicado en el caso del estudio de

aceites elaborados en distintos momentos de la campaña, considerando como covarianza la fecha de finalización del llenado del depósito.

La separación de medias se ha realizado mediante el test de Duncan ($P=0,05$). En el caso del procedimiento MIXED, se ha realizado una estimación de medias por mínimos cuadrados (LSMEANS), comparándolas dos a dos mediante un test “t”.

El estudio de relación entre factores climáticos, edáficos, de técnicas de cultivo y de procesado, sobre diferentes parámetros del aceite, se ha realizado mediante correlación simple (CORR) entre los valores medios observados.

Los estudios de “tipificación” y comparación entre poblaciones se han llevado a cabo mediante análisis multivariante, como el análisis discriminante (DISCRIM) y canónico discriminante (CANDISC), considerando la almazara o la zona de producción como variable de clasificación. Para determinar qué parámetro analítico tiene mayor poder discriminante se ha realizado un estudio discriminante por pasos (STEPPDISC). Cada uno de estos análisis se ha realizado de manera independiente para cada grupo de parámetros analíticos (ácidos grasos, esteroides y atributos sensoriales).

Para definir la función matemática que permite establecer si un aceite pertenece o no al grupo de aceites típicos del Priorat, se ha utilizado la función lineal discriminante de Fischer, proporcionada por el procedimiento DISCRIM de SAS y que se calcula para cada grupo; los valores de composición del aceite problema se substituyen en las funciones discriminantes de cada grupo y se calculan los “valores discriminantes” (D_i); el aceite se clasifica en aquel grupo con el mayor valor D_i (Wensch, 2008). En el presente proyecto de tesis se establecerán funciones lineales discriminantes para la composición en ácidos grasos y para el perfil sensorial, considerando los grupos “Priorat”, “Siurana-Camp” y “Garrigues”.

El estudio de relación entre parámetros de los frutos procesados y características finales de los aceites producidos se ha realizado mediante análisis de correlación canónica (CANCORR).

En todos los casos se han seguido los criterios propuestos por Muñoz (2006), así como los del manual SAS Stat Guide (1990). Para las diferentes técnicas de análisis

multivariante, también se han seguido las recomendaciones de Mannina et al. (2001) y Alves et al. (2005) para el caso concreto de caracterización de aceites de oliva virgen.

Todos los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico SAS versión 9.2 para Windows.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente capítulo se estructura en:

- Un primer grupo de apartados (5.1 al 5.4) destinados a la caracterización de la zona de producción (variedades, técnicas de cultivo, instalaciones de las almazaras y bodegas, así como de las regulaciones de los procesos de extracción).
- Un segundo grupo de apartados (5.5 y 5.6) destinados al estudio de las características de los frutos procesados y de los aceites obtenidos, no solo a nivel de características medias, sino también a nivel de análisis estadístico de las fuentes de variación relacionadas con los factores de producción, detallados en los apartados anteriores, y que permiten definir la “tipicidad” de los aceites de la zona Priorat, a partir de funciones matemáticas.

5.1. Caracterización del material vegetal (variedades)

Como ya se ha explicado en la metodología, el “Servei d’Ajuts” del DAAM de la Generalitat de Catalunya, nos ha facilitado las estadísticas oficiales derivadas de las declaraciones de los agricultores al SIG OLEÍCOLA (años 1999 a 2004). Estas declaraciones incluyen información sobre número de olivos, superficie de olivar y variedades cultivadas, siendo también posible calcular la densidad media de las plantaciones.

Por otra parte, en el año 2004 se realizó una encuesta a los socios productores de cada cooperativa del Priorat, que incluía información sobre la estructura del olivar, la tecnología del cultivo y de recolección y el manejo en postcosecha. Comparando las respuestas aportadas a dicha encuesta con las declaraciones del SIG OLEÍCOLA, se observan algunas discrepancias a nivel de variedades secundarias, que suelen aparecer en la encuesta y no en las estadísticas oficiales; se trata de una desviación poco importante y esperable en las encuestas oficiales, donde al agricultor le es más fácil declarar como variedad principal todos sus olivos. Por este motivo, hemos considerado oportuno actualizar las declaraciones de variedades secundarias del SIG OLEÍCOLA, añadiendo aquellos olivos declarados en la encuesta del IRTA y que no aparecen en el SIG. El resultado final se resume en la Tabla 8.

Tabla 8.- Estructura varietal de los municipios que suministran aceitunas a las diferentes almazaras del Priorat. Valores expresados como porcentaje del número total de olivos de cada variedad. Datos elaborados a partir las declaraciones del SIG OLEÍCOLA (2004), completados a partir de la encuesta realizada a los agricultores de la comarca (año 2004).

Almazara	Municipio	‘Arbequina’ (%)	‘Empeltre’ (%)	‘Rojal’ (%)	‘Farga’ (%)	‘Morrut’ (%)	otras (%)	
Bisbal	La Bisbal	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	Margalef	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	total Bisbal	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Cabacés	Cabacés	94,3	0,2	4,7	0,0	0,0	0,8	
	La Figuera	99,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	
	total Cabacés	94,9	0,2	4,2	0,0	0,0	0,7	
La Mola	Bellmunt	98,1	0,0	0,0	0,9	0,0	0,9	
	Capçanes	98,5	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	
	Falset	98,8	0,0	0,0	0,4	0,0	0,8	
	Marçà	99,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,8	
	Pradell Teixeta	98,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	
	Torre Fontoubella	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	total La Mola	98,8	0,0	0,0	0,3	0,2	0,7	
	total El Molar	95,6	0,3	0,1	2,2	0,0	1,8	
El Molar	total El Molar	95,6	0,3	0,1	2,2	0,0	1,8	
Torroja	total Torroja	99,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	
Ulldemolins	total Ulldemolins	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
La Vinícola	Cornudella	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	Gratallops	99,2	0,1	0,2	0,0	0,0	0,5	
	El Lloar	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	La Morera	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	Poboleda	99,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	
	Porrera	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	Vilella Alta	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	Vilella Baixa	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	total Vinícola	99,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	
	Serra-Guiamets	total La Serra	96,1	0,0	0,0	0,7	1,6	1,6
	El Masroig	total Masroig	99,7	0,0	0,0	0,3	0,2	0,7
Total Priorat		98,2	0,1	0,9	0,2	0,1	0,5	

De acuerdo con dichas estadísticas, en la comarca existen unos 420.000 olivos, que representan unas 3.000 ha de cultivo. La variedad mayoritaria en el Priorat es la ‘Arbequina’, que representa el 97,9% del olivar, valor que oscila entre el 94,9% en la almazara de Cabacés y el 99,7% en El Masroig. Las variedades secundarias más importantes del Priorat son la ‘Rojal’ (aunque su proporción a nivel comarcal no supera el 1,0%), la ‘Farga’, la ‘Morrut’ y la ‘Empeltre’ (que no superan el 0,2%). Sin embargo, un análisis más detallado de su importancia a nivel de cada almazara pone de manifiesto los siguientes aspectos (Tabla 8):

- ‘Arbequina’ es la variedad principal de la comarca del Priorat, donde representa más del 98% de los olivos cultivados, superando el 94% en todas las poblaciones. Se trata de la variedad base de las dos DOP “Siurana” y “Les

Garrigues”, aunque también se la encuentra en otras zonas catalanas (Ribera d’Ebre, Baix Ebre, Montsià, Terra Alta, comarcas de Barcelona y en las de Girona. El SIG OLEICOLA le otorga, en Cataluña, una superficie total de 59.101 ha, de las cuales ya hemos indicado que 23.000 ha corresponden a la DOP “Siurana” y 35.000 ha a la DOP “Les Garrigues”. Por otra parte, en los últimos diez años, y a partir de la aparición en el mercado del clon IRTA-i-18[®], coincidiendo con el desarrollo de las nuevas plantaciones superintensivas (Tous et al., 1999; Tous, 2009), esta variedad se ha expandido por todo el mundo, estimándose que actualmente pueden existir otras 40.000 ha en plantaciones fuera de Cataluña (principalmente en Andalucía y Aragón), el 10% de las cuales fuera de España, en Argentina, Chile, EEUU, Francia, Marruecos, Túnez... (Tous et al., 2008). Se cree que su nombre procede de la localidad leridana de Arbeca, donde habría sido intruducida en el siglo XVI (Tous, 1990) y se habría extendido por las distintas comarcas de Lleida y Tarragona (se considera que su introducción en el Priorat se remonta a principios del XIX) al presentar un mejor comportamiento agronómica que las antiguas variedades de la zona, sobre las que existe poca documentación. Se trata de una variedad muy productiva, poco vecera y de rápida entrada en producción, resistente al frío y adaptable a distintas condiciones de clima y suelo, lo que probablemente ha facilitado su expansión (Tous et al., 2008).

- ‘Rojal’ es la variedad secundaria más importante en el municipio de Cabacés, donde supone el 4,7% de los olivos de la zona (3.871 árboles censados). También existen unos pocos olivos en Margalef, Ulldemolins, Gratallops, Vilella Alta y Vilella Baixa, El Molar y Marçà, sin que lleguen a tener ninguna significación sobre las estadísticas finales. Según Tous y Romero-Aroca (1993), se trata de una variedad autóctona de la Ribera d’Ebre (comarca en la que se concentra el 92% de la superficie de esta variedad, que equivalen a unas 904 ha) y del mismo Priorat (unas 79 ha, aunque mayoritariamente en forma de olivos aislados). Sin embargo, las declaraciones de los agricultores al SIG OLEÍCOLA indican una clara regresión de esta variedad en toda su zona de cultivo, existiendo en la actualidad sólo 641 ha en toda Cataluña, de las cuales 41 ha estarían en el Priorat.
- ‘Farga’ es una variedad relativamente importante en El Molar, donde representa el 2,2% del olivar. También se la encuentra en Bellmunt, Falset, Porrera y Els

Guiamets. Su origen es antiguo y está más difundida en las comarcas del sur de Tarragona (Baix Ebre, Montsià y Ribera d'Ebre). Tous y Romero-Aroca (1993) le atribuyen una superficie de 109 ha en el Priorat; sin embargo, las estadísticas actuales no le atribuyen más de 9 ha en dicha zona (unas 5.100 ha en toda Cataluña).

- 'Empeltre' representa el 0,8% del olivar de El Lloar, aunque también se la encuentra en los municipios de Cabacés, La Figuera, Gratallops, Porrera, la Vilella Baixa y El Molar. En ningún caso supone más del 0,4% del total de olivos de una misma almazara. Esta variedad es la más importante de todo el valle del Ebro; en concreto, en Cataluña se la encuentra en las comarcas de la Terra Alta y Ribera d'Ebre, siendo una variedad que se ha introducido en otras zonas por su buena aptitud para aceituna de mesa, así como por su supuesta adaptación a zonas frías más continentales.
- También aparecen algunos árboles de otras variedades como 'Morrut', 'Morrut de la faldeta', 'Sevillenca' y otras variedades menores no especificadas. Sin embargo, sólo llegan a ser significativas en las almazaras de La Serra d'Almos-Guiamets y El Molar (3,2% y 1,8%, respectivamente), mientras que no alcanzan el 1% en las otras almazaras de la zona. De todas ellas sólo 'Morrut de la faldeta' es autóctona de la zona, aunque todavía no existe ninguna información publicada sobre sus características.

Esta estructura varietal es parecida a la descrita por Tous (1990) para el Priorat, aunque se aprecian diferencias significativas en las proporciones relativas de cada variedad. Así, dicho autor atribuye sólo el 90% de la superficie del olivar a 'Arbequina', un 4,7% a 'Farga', 3,4% a 'Rojal', 1,1% a 'Empeltre', 0,6% a 'Morrut' y el 0,2% a 'Sevillenca'; en cambio, los datos actuales, tanto del SIG como de la encuesta realizada (ambas del 2004), indican que 'Arbequina' ha incrementado su peso relativo hasta el 98%, mientras que todas las demás variedades han disminuido por debajo del 1% (Figura 10).

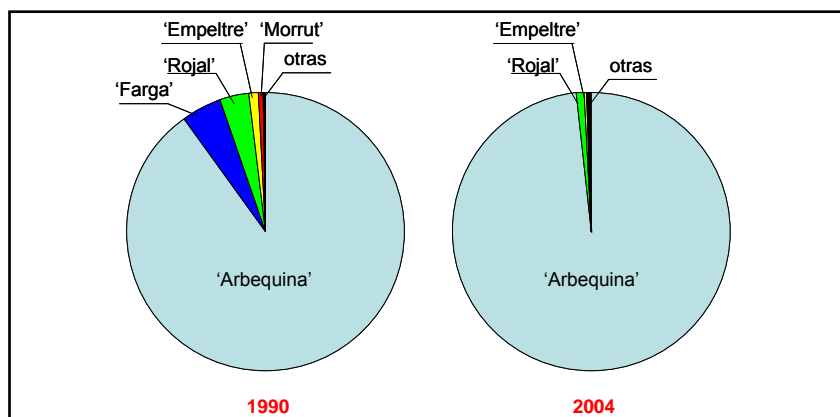


Figura 10.- Evolución de la estructura varietal del Priorat entre los años 1990 y 2004. (Fuente: elaboración propia, a partir de datos de Tous, 1990 y del SIG OLEÍCOLA de Cataluña 2004).

Evidentemente, las proporciones relativas entre variedades a nivel de superficie no tienen por qué mantenerse a nivel de porcentajes de aceitunas que se entregan a las respectivas almazaras y tampoco a nivel del aceite total fabricado. Factores como el diferente comportamiento agronómico y productivo en un año concreto, los mismos hábitos de recolección de los agricultores y los diferentes rendimientos en aceite de cada variedad pueden modificar sensiblemente aquellas proporciones iniciales observadas a nivel de campo.

Con el fin de disponer de una información más exhaustiva para analizar las características de los aceites del Priorat, se creyó conveniente tomar muestras de frutos en los patios de las almazaras. Así, en cada visita técnica realizada a los distintos molinos se procedía a tomar muestra de frutos a la salida de las tolvas de almacenamiento, con el fin de realizar estudios de las características de las aceitunas, de su estado sanitario y de la composición varietal.

La Tabla 9 muestra las proporciones de frutos correspondientes a cada variedad, detectadas a la entrada de cada almazara. Cabe destacar lo siguiente:

- Las proporciones relativas de cada variedad no coinciden con las esperables a partir de los datos oficiales del SIG OLEÍCOLA, aunque tampoco difieren en exceso. En realidad, los datos observados se acercan más a los inicialmente propuestos por Tous (1990).
- Ulldemolins es la almazara del Priorat que procesa mayor proporción de 'Arbequina', siendo prácticamente irrelevantes el resto de variedades.

- La Serra d'Almos es la que incluye mayor diversidad de variedades, sin duda por su ubicación al límite de dos comarcas (Priorat y Ribera d'Ebre). Sin embargo, ninguna de las variedades secundarias representa más del 4%, excepción hecha de 'Farga' que alcanza el 10% de media.
- El Molar, también próximo a La Ribera d'Ebre, procesa alrededor de un 18% de frutos de otras variedades, distintas de 'Arbequina', aunque ninguna de ellas supone más del 4%, excepto 'Farga' que alcanza el 8% de media.
- El resto de almazaras procesan principalmente 'Arbequina', entre un 90% y un 95%, y sin que ninguna variedad secundaria suponga más del 3,5% del total.

Tabla 9.- Proporciones relativas (%) de aceitunas de cada variedad, identificadas en las muestras tomadas a la entrada de los trituradores de cada almazara. Datos medios de 383 muestreos, en el conjunto de almazaras y durante el período 2003-2007.

Almazara	'Arbequina'	'Rojal'	'Farga'	'Empeltre'	otras
Ulldemolins	98,3	0,6	0	0,1	1
Masroig	95,5	0,4	1,4	1,5	1,2
Torroja	93,4	1,9	1,8	1,3	1,6
La Mola	93,0	1,1	1,5	0,5	3,9
Bisbal-Margalef	92,3	3,5	0,7	0,8	2,8
La Vinícola	92,1	3,2	1,5	1,2	1,8
Cabacés	91,2	4,0	1,1	1,1	2,7
El Molar	82,5	3,4	7,8	3,9	2,3
La Serra	74,0	2,6	10,2	4,0	9,3
Priorat	90,5	2,7	2,4	1,4	3,0

Estos resultados indican que la mayor parte de aceites del Priorat pueden considerarse como procedentes de 'Arbequina', con pequeñas proporciones de otras variedades, de las que tampoco están exentas las zonas del Camp de Tarragona y Garrigues; sólo en el caso de La Serra d'Almos y El Molar cabría comprobar el posible efecto, sobre las características del aceite, de la mezcla con proporciones cercanas al 25% de otras variedades (aspecto que se aborda en otro apartado de esta tesis).

En todo caso, debemos tener en cuenta que la composición en ácidos grasos de los aceites obtenidos de estas variedades es muy similar, hasta el punto que Tous et al. (2005a) las clasifican dentro de un mismo grupo, excepción hecha de 'Farga' que presenta una relación monoinsaturados/polinsaturados ligeramente superior. También a nivel sensorial se trata de variedades similares, siendo definidos sus aceites como dulces

(‘Arbequina’ y ‘Sevillenca’) o equilibrados (‘Rojal’, ‘Farga’ y ‘Empeltre’). Por lo tanto, podemos suponer que el efecto de su mezcla en proporciones reducidas no debería tener ninguna repercusión sobre las características de la mezcla final del aceite con la variedad base, aspecto éste que será objeto de estudio en otro apartado de la presente tesis.

5.2. Caracterización de las técnicas de cultivo

De acuerdo con las respuestas aportadas a la encuesta realizada a los agricultores de la zona, podemos establecer las técnicas de cultivo más usuales que se están aplicando actualmente. Para interpretar mejor estos resultados debemos considerar que no se trata de una *foto fija*, sino que estamos ante un sector en evolución y que alguna de las técnicas aplicadas hoy por un grupo mayoritario de agricultores puede ser considerada minoritaria en un futuro.

En efecto, en los últimos años se ha incrementado la superficie de regadío (Figura 11) en la zona oeste (a partir del pantano de Margalef) y sur (embalse dels Guiamets), lo cual afecta sin duda a los hábitos de abonado, poda y mantenimiento del suelo; también existen dos cooperativas que procesan, separadamente, aceitunas obtenidas de olivicultura ecológica (Ulldemolins y Cabacés) y de olivicultura integrada (Ulldemolins).



Figura 11.- Embalses de Margalef (N), Siurana (NE) y Guiamets (S).

La exposición de resultados que sigue hace referencia, en algunos casos, a la posición norte-centro-sur dentro del Priorat; la Figura 12 muestra el criterio adoptado en el presente proyecto de tesis.

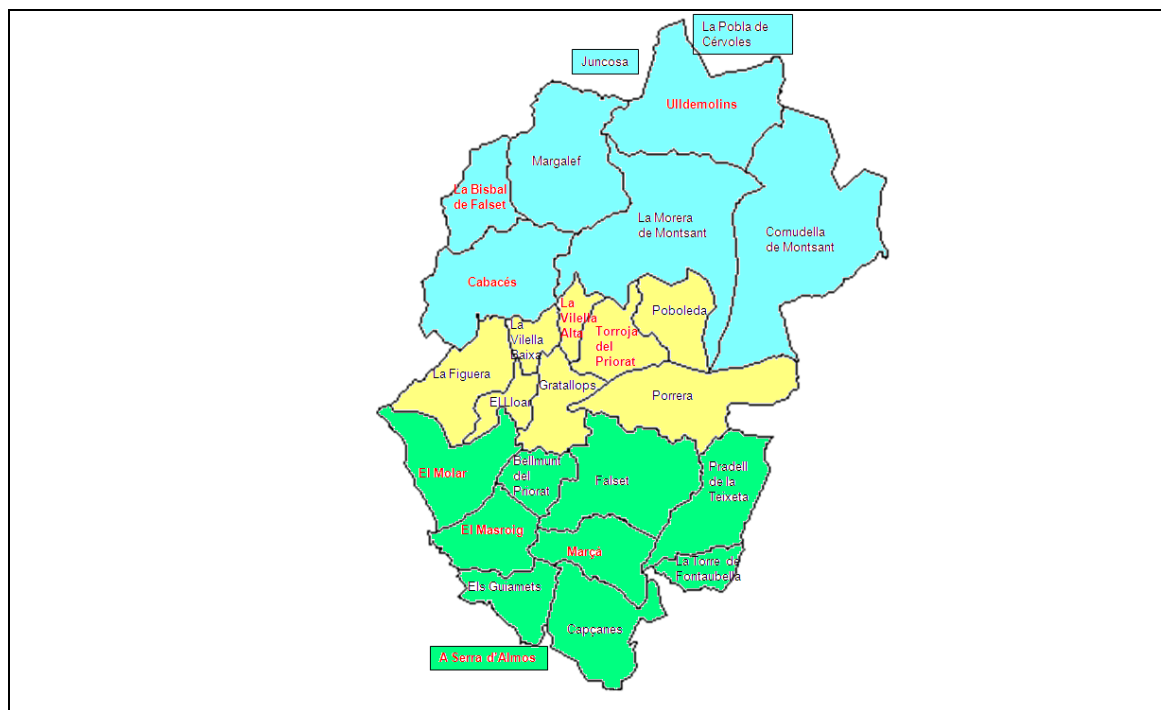


Figura 12.- Zonación norte-sur de los municipios del Priorat adoptada en el presente proyecto de tesis. En azul municipios de la zona norte, en amarillo la zona centro y en verde la zona sur.

5.2.1. Tipología de las parcelas

Respecto de su **dimensión**, en su mayoría se trata de parcelas muy pequeñas, de 1 ha como media (Tabla 10), aunque también existen fincas cercanas a las 10 ha e incluso alguna de más de 35 ha (p.e. en el municipio de Porrera). En la zona norte (Ulldemolins) y noroeste (La Bisbal-Margalef) es donde las fincas de olivar tienen una mayor superficie media (2,5 y 1,8 ha, respectivamente), posiblemente debido a que son difíciles otras producciones agrícolas, a excepción del almendro, mientras que en la zona centro y sur la actividad productiva se centra más en la vid, siendo el olivo un cultivo secundario.

La **densidad** media del olivar oscila entre 150 y 220 olivos/ha, correspondiendo las menores densidades de plantación a la zona norte y noroeste, donde las plantaciones son más extensas y los suelos presentan menor fertilidad.

Con respecto a la **edad** del olivar, más del 70% de olivos tienen más de 50 años y sólo un 8,7% menos de 10 años. Quizás sea en la zona sur, donde se encuentra una mayor

proporción de nuevas plantaciones, puede que por el interés que tienen empresas y cooperativas vitivinícolas por diversificar su cartera de clientes, aprovechando el fuerte impulso comercial del vino del Priorat en los últimos años.

Tabla 10.- Superficie media, densidad de plantación y edad de las plantaciones de olivar del Priorat (referidos a las almazaras que procesan sus frutos). Datos elaborados a partir del SIG OLEÍCOLA y la encuesta realizada a los agricultores de la comarca (ambos del año 2004).

Almazara	Superficie media (ha) ^z	Densidad ^y (olivos/ha)	Edad de las plantaciones (%) ^z		
			<10 años	10-50 años	>50 años
Bisbal-Margalef	1,9	146	14,5	8,8	76,8
Cabacés	0,3	150	5,4	15,6	79
La Mola	0,8	158	36,8	56,9	6,3
El Molar	0,6	92	8	29,2	62,7
Torroja	0,4	154	0	47,5	52,5
Ulldemolins	2,5	119	9,5	16,3	74,2
La Vinícola	0,5	138	4,8	21,3	73,9
Masroig	--	124	--	--	--
La Serra-Guiamets	--	138	--	--	--
Priorat	1	140	8,7	18,2	73,1

Fuente de información: z=encuesta; y= SIG OLEICOLA.

Como se ha comentado anteriormente, en la zona norte y noroeste (Ulldemolins, La Bisbal-Margalef y Cabacés), donde no se cultiva la vid, el olivo se cultiva solo o **asociado** al almendro; en el resto del Priorat sólo entre el 30% y el 50% está en forma de monocultivo (Tabla 11).

Tabla 11.- Porcentaje de olivar asociado a otros cultivos en el Priorat (referidos a las almazaras que procesan sus frutos). Datos elaborados a partir de la encuesta realizada a los agricultores de la comarca (año 2004).

Almazara	Olivo (%)	Cultivo asociado (%)		
		Almendro	Vid	otros
Bisbal-Margalef	67,0	33,0	0,0	0,0
Cabacés	100,0	0,0	0,0	0,0
La Mola	51,5	8,6	39,9	0,0
El Molar	33,0	44,3	22,7	0,0
Torroja	33,4	27,9	38,7	0,0
Ulldemolins	100,0	0,0	0,0	0,0
La Vinícola	55,3	17,1	26,7	0,8
Priorat	82,5	9,0	8,3	0,2

Con respecto a la **altitud** media de las plantaciones de olivar, más del 70% de olivos se cultivan a alturas entre 300 y 500 m sobre el nivel del mar (Tabla 12). Evidentemente, las mayores cotas corresponden a Ulldemolins, donde el 48% del olivar está por encima

de los 400 m y hasta un 34% supera los 500 m. La cooperativa del Molar es la que procesa aceitunas producidas a menores cotas; cerca de un 67% del olivar se cultiva entre 200 m y 300 m, mientras que el 33% restante no supera los 400 m; una situación parecida se da en La Serra d'Almos, ya en la Ribera d'Ebre y en dirección a la cubeta de Mora. Mención especial merece la cooperativa de segundo grado de La Vinícola, que procesa frutos de municipios situados a más de 300 m (Gratallops, Poboleda, Porrera y Vilella Alta) y de otros situados sólo a 200 m (Lloar y Vilella Baixa).

Como veremos más adelante, la altitud, a través de su relación con el clima, es un factor determinante de algunas características relevantes del aceite del Priorat. Así, por ejemplo, se observa (Tabla 55) una correlación positiva entre altitud y el nivel de ácidos grasos monoinsaturados ($r = 0,75$) y una relación negativa con el contenido en ácidos saturados ($r = -0,89$). Por otra parte, las diferencias de altitud, junto con la orografía de las parcelas, también pueden implicar diferentes necesidades de técnicas de cultivo. En el mismo sentido, cabe destacar los trabajos de D'Imperio et al. (2007), analizando aceites de diferentes zonas productoras italianas y evaluando el peso relativo de diferentes factores productivos (altitud, riego, variedad...), que observan una clara diferenciación de las zonas productoras situadas a más de 400 m de altitud, en relación al resto, que coincide justamente con la altitud media de las plantaciones de olivo del Priorat.

Tabla 12.- Latitud y altitud media de las plantaciones de olivar en el Priorat (referidos a las almazaras que procesan sus frutos). Datos elaborados a partir de la encuesta realizada a los agricultores de la comarca (año 2004).

Almazara	Latitud (°N)	Altitud (m)					media
		<200	200-300	300-400	400-500	>500	
Bisbal-Margalef	41,281	0,0	19,1	48,0	25,8	7,1	370,7
Cabacés	41,248	0,0	56,2	43,8	0,0	0,0	293,8
La Mola	41,152	0,0	8,6	51,5	39,9	0,0	381,3
El Molar	40,734	0,0	66,8	33,2	0,0	0,0	283,2
Torroja	41,218	0,0	8,2	69,1	22,6	0,0	364,1
Ulldemolins	41,322	0,0	1,2	16,5	48,5	33,8	464,9
La Vinícola	41,145	0,6	25,9	66,8	5,1	1,6	331,2
Priorat	--	0,1	10,6	33,8	33,9	21,5	415,9

El olivar del Priorat se cultiva mayoritariamente en **terrazas** (53%) o en zonas llanas (18%), siendo poco usual su cultivo en valles (5,6%), posiblemente debido al riesgo de heladas que llevan asociadas dichas zonas (Tabla 13). Esta disposición del cultivo

reduce sus posibilidades de mecanización y conlleva unos mayores costes de producción.

Tabla 13.- Orografía media de las plantaciones de olivar en el Priorat (referidos a las almazaras que procesan sus frutos). Datos elaborados a partir de la encuesta realizada a los agricultores de la comarca (año 2004).

Almazara	Llanos (%)	Terrazas (%)	Fondos (%)	Laderas (%)	Mixtas (%)
Bisbal-Margalef	19,5	59,7	1,9	0,0	18,9
Cabacés	18,5	81,5	0,0	0,0	0,0
La Mola	45,7	54,3	0,0	0,0	0,0
El Molar	18,9	66,9	0,0	2,4	11,8
Torroja	22,4	44,5	0,0	24,5	8,6
Ulldemolins	9,9	58,7	8,1	0,0	23,3
La Vinícola	36,7	37,0	2,9	19,8	3,6
Priorat	18,1	53,4	5,7	5,6	17,2

5.2.2. Riego

Más del 69% de la superficie de olivar del Priorat se cultiva en secano (DAR, 2008). Sin embargo, existen nuevas zonas de regadío a partir de los embalses de Margalef (que riega las tierras de los municipios de Margalef, Cabacés y La Vilella Baixa) y de Guiamets (que riega parcelas de Guiamets y La Serra). Las encuestas realizadas indican que, ya en 2004, el 50% de la superficie de olivar de estos municipios estaba en regadío (Tabla 14).

Tabla 14.- Distribución en secano y regadío de las plantaciones de olivar en el Priorat (referidos a las almazaras que procesan sus frutos). Datos elaborados a partir de la encuesta realizada a los agricultores de la comarca (año 2004).

Almazara	Riego (%)	Secano (%)	Frecuencia (días)	Meses	Riego total (m ³ /ha/año)
Bisbal-Margalef	54,1	45,9	5,9	Junio-Octubre	430
Cabacés	43,8	56,2	15,4	Junio-Agosto	259
La Mola ^z	--	--	--	--	--
El Molar ^z	--	--	--	--	--
Torroja ^z	--	--	--	--	--
Ulldemolins ^z	--	--	16,7	Junio-Septiembre	221
La Vinícola	78,3	21,7	12,4	Junio-Septiembre	419
Priorat	31,0 ^y	69,0 ^y	12,6	Junio-Septiembre	332

z: datos poco fiables; y: fuente DAR (2008)

Con respecto a la dotación de agua, las respuestas de los agricultores son poco consistentes. Así, mientras que en La Bisbal dicen regar de junio a octubre, cada 6 días y a razón de 3,6 h/día, lo que supone unas 92 h/año de riego, en Cabacés nos indican

riegos de junio a agosto, cada 15 días y a razón de 9 h/día, equivalentes a 54 h/año. Considerando un promedio de 4 goteros por olivo, de 8 litros/h, con una densidad media de 150 olivos/ha, dichas dotaciones de agua suponen unos 435 m³/ha/año en La Bisbal y 255 m³/ha/año en Cabacés. Se trata de aportaciones muy inferiores a los 1.500-2.000 m³/ha/año normalmente recomendadas en olivar de regadío (Pastor et al., 1998). También están por debajo de las indicadas por Alegre et al. (2002) en la comarca vecina de Les Garrigues, con olivos adultos de la misma variedad 'Arbequina' a partir de ensayos de riego deficitario aplicado entre julio y septiembre. Sin embargo, Solé (1994) observó un comportamiento agronómico aceptable, con la misma variedad y en la misma comarca, con aportaciones mínimas inferiores a 250 m³/ha/año.

En diversos estudios (Salas et al., 1997; Tovar et al., 2001a) se demuestra la influencia del riego sobre la composición en ácidos grasos y el contenido de polifenoles del aceite. En nuestro caso, como se verá con más detalle en el capítulo de características del aceite (Tabla 55), se observa una correlación negativa de la dosis de riego con el contenido en ácido oleico ($r = -0,63$), de acuerdo con dichos estudios. Con respecto al contenido en polifenoles, en el Priorat no se observa ninguna relación con la dosis de riego, aunque sí con la precipitación ($r = -0,63$) aspecto que se discute más tarde, en el citado capítulo.

5.2.3. Abonado

El abonado más usual en la olivicultura del Priorat es el químico, utilizado en el 56% del olivar de la zona (Tabla 15). Normalmente (Tabla 16), se aplican abonos complejos (34%, principalmente del tipo 15-15-15 o 12-12-24) o de mezclas de NPK (28%, principalmente NITROFOSKA). En un 20% de los casos dicho abonado químico se complementa con aportaciones de materia orgánica, normalmente en forma de gallinaza, siendo en La Bisbal-Margalef donde más extendida está dicha práctica (72%). Evidentemente, las parcelas de olivicultura ecológica sólo realizan aportaciones de materia orgánica.

Tabla 15.- Tipo de abonado y frecuencia de aplicación en las plantaciones de olivar en el Priorat (referidos a las almazaras que procesan sus frutos). Datos elaborados a partir de la encuesta realizada a los agricultores de la comarca (año 2004).

Almazara	Tipo (%)			Frecuencia (%)		
	Químico	Orgánico	Qui.+Org.	Anual	Bianual	Otros
Bisbal-Margalef	28,4	0,0	71,7	83,6	16,4	0,0
Cabacés	91,9	8,1	0,0	100,0	0,0	0,0
La Mola	51,5	39,9	8,6	60,1	39,9	0,0
El Molar	60,8	10,2	27,3	59,8	16,4	23,8
Torroja	57,5	5,4	37,0	92,9	7,1	0,0
Ulldemolins	56,3	32,9	10,8	100,0	0,0	0,0
La Vinícola	66,9	11,5	21,6	81,3	16,6	2,1
Priorat	56,3	23,4	20,2	92,8	6,3	0,9

Tabla 16.- Abonos más utilizados en las plantaciones de olivar en el Priorat (referidos a las almazaras que procesan sus frutos). Datos elaborados a partir de la encuesta realizada a los agricultores de la comarca (año 2004).

Almazara	NITROFOSKA	15-15-15	12-12-24	otros químicos	Gallinaza
Bisbal-Margalef	63,3	0,0	36,7	0,0	0,0
Cabacés	sin datos				
La Mola	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
El Molar	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Torroja	92,1	0,0	7,9	0,0	0,0
Ulldemolins	8,6	28,2	11,3	11,3	40,5
La Vinícola	61,2	8,3	10,3	5,7	14,6
Priorat	28,6	19,9	13,7	8,5	29,2

Tabla 17.- Dosis de abonado aplicado a las plantaciones de olivar en el Priorat (referidos a las almazaras que procesan sus frutos). Datos elaborados a partir de la encuesta realizada a los agricultores de la comarca (año 2004).

Almazara	Orgánico (kg/ha)	Químico (kg/ha)	UF de N (kg/ha)	UF de P ₂ O ₅ (kg/ha)	UF de K ₂ O (kg/ha)
Bisbal-Margalef	5.842	165	36	36	44
Cabacés	sin datos	sin datos			
La Mola	sin datos	200	>24	>20	>40
El Molar	sin datos	633	>24	>20	<40
Torroja	sin datos	sin datos			
Ulldemolins	9.417	388	79	73	70
La Vinícola	sin datos	165	>16	>15	>28
Priorat	8.873	313	67	62	62

El abonado es mayoritariamente anual (93%) y las cantidades bastante variables, aunque homogéneas dentro de cada municipio. En términos generales, se aportan 325 kg/ha de abonos químicos y 8.900 kg/ha de abonos orgánicos. Las unidades fertilizantes equivalentes son difíciles de calcular; en cualquier caso, de los datos facilitados por los

agricultores se puede estimar que se están aportando de media (Tabla 17), unas 67 UF de N, 62 UF de P₂O₅ y 62 UF de K₂O, siendo Ulldemolins la zona con mayores aportaciones (alrededor de 70 UF de cada elemento). En cualquier caso, a excepción del fósforo, se trata de aportaciones muy reducidas, próximas a la mitad de las recomendaciones normales para la zona (Tous, 1990).

La relación entre abonado y características del aceite está poco estudiada, aunque algunos autores sugieren que los ácidos grasos saturados tienden a disminuir al aumentar las dosis de abonado NPK (Simoes et al., 2002), lo cual coincide plenamente con nuestras observaciones (Tabla 55), que muestran una correlación negativa entre la dosis de N y P con el nivel de ácidos grasos saturados ($r = -0,95$) así como en relación al K ($r = -0,90$). Nuestros resultados también muestran una elevada correlación positiva entre el abonado NPK y los contenidos en ácido oleico ($r > 0,8$ en los tres nutrientes), de acuerdo con lo observado por Tombesi y Antaras (1998).

Por otra parte, el contenido en polifenoles del aceite muestra una relación inversa (Tabla 57) con el abonado K ($r = -0,67$), igual que el índice de amargor ($r = -0,78$) y la estabilidad ($r = -0,72$), lo que concuerda con lo observado por Fernández-Escobar et al. (2002). También se observa (Tabla 61) una relación inversa entre el abonado y el contenido en ceras del aceite ($r = -0,60$), el estigmasterol ($r = -0,72$) y los compuestos alifáticos ($r = -0,84$).

5.2.4. Mantenimiento del suelo

El control de malas hierbas más usual consiste en aplicar herbicidas (22%) o labrar (21%) o ambas técnicas (20%) (Tabla 18). Sin embargo, en los últimos años se está extendiendo el mantenimiento del suelo con cubiertas verdes controladas con el uso de la picadora, ya sea de forma exclusiva (9%), junto con herbicidas (17%) o con pases de cultivador (10%).

Tabla 18.- Control de malas hierbas en las plantaciones de olivar en el Priorat (referidos a las almazaras que procesan sus frutos). Datos elaborados a partir de la encuesta realizada a los agricultores de la comarca (año 2004).

Almazara	Herbicida (%)	Laboreo (%)	Her.+Lab. (%)	Cubiertas verdes (%)			Otros (%)
				Picadora	Her.+Pic.	Lab.+Pic.	
Bisbal-Margalef	82,9	0,0	0,0	0,0	17,1	0,0	0,0
Cabacés	37,6	0,0	0,0	0,0	38,7	0,0	0,0
La Mola	0,0	14,4	0,0	45,7	0,0	39,9	0,0
El Molar	21,3	66,4	3,8	3,8	4,6	0,0	0,0
Torroja	22,3	4,6	25,2	19,7	9,9	11,9	6,4
Ulldemolins	8,2	22,3	29,0	8,4	19,3	12,7	0,0
La Vinícola	30,8	25,6	8,2	12,8	12,4	9,4	0,9
Priorat	21,6	21,2	20,3	9,1	16,9	10,5	0,4

En la zona noroeste (La Bisbal-Margalef y Cabacés) prácticamente no se labra la tierra, siendo lo usual la aplicación de herbicidas y el uso de la picadora; en la zona sur y sureste (cooperativas asociadas a la almazara de La Mola) es donde más se utiliza la picadora; mientras que en la zona central y suroeste no parece existir un patrón determinado.

5.2.5. Poda

La técnica de poda más usual es la anual (93%), utilizando la denominada poda tipo *Bellaguarda* (50%) (Tabla 19), consistente en la eliminación de ramas secundarias o terciarias una vez agotada su producción, de manera que en 4-5 años se renueva toda la copa del olivo. Se trata de una poda desarrollada por un agricultor del municipio de Bellaguarda de les Garrigues, que se está extendiendo en los últimos años, que favorece la producción, aunque dificulta sensiblemente la recolección manual, dado que la copa tiende a ser más densa, lo que dificulta la acción de los vibradores manuales.

Tabla 19.- Tipos de poda y frecuencia aplicadas a las plantaciones de olivar en el Priorat (referidos a las almazaras que procesan sus frutos). Datos elaborados a partir de la encuesta realizada a los agricultores de la comarca (año 2004).

Almazara	Tipo de poda			Frecuencia	
	“Bellaguarda” (%)	Tradicional (%)	Mixta (%)	Anual (%)	Plurianual (%)
Bisbal-Margalef	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0
Cabacés	0,0	84,4	15,4	76,3	23,7
La Mola	39,9	45,7	54,3	0,0	60,1
El Molar	41,2	54,1	4,7	60,1	39,9
Torroja	92,3	3,0	4,7	100,0	0,0
Ulldemolins	39,4	46,4	14,2	93,6	6,4
La Vinícola	49,8	45,6	4,6	91,9	8,1
Priorat	49,6	40,6	9,9	93,1	6,9

Los resultados del presente proyecto de tesis (Tabla 55) indican una cierta correlación negativa entre la aplicación de podas anuales y contenido en ácidos grasos poliinsaturados ($r = -0,77$) y el contenido de algunos esteroides (Tabla 61), principalmente el estigmasterol ($r = -0,82$). No podemos establecer un motivo claro para dichas relaciones, de manera que podrían ser debidas a que las podas anuales parecen ser más frecuentes en poblaciones situadas a mayor altitud, siendo esta última la razón que justifica las diferencias de composición; sin embargo, se trata de especulaciones que deberían comprobarse mediante experimentación.

5.2.6. Tratamientos fitosanitarios

Primavera

En esta época se suelen recomendar tratamientos fungicidas preventivos contra repilo, normalmente a base de cobre, así como tratamientos insecticidas contra la generación antófaga de *Prays* (Tous, 1990).

Las zonas del Priorat donde se practica la olivicultura tradicional o integrada no suelen realizar tratamientos de primavera (el 47% no los realiza), excepción hecha de los municipios del noroeste (La Bisbal-Margalef y Cabacés) donde todos los agricultores que contestaron la encuesta indicaron que realizaban tratamiento de primavera contra el repilo. El resto de agricultores suelen aplicar una mezcla de producto fungicida+insecticida, o como mucho una aplicación de fungicida (Tabla 20).

Tabla 20.- Tratamientos fitosanitarios de primavera en las plantaciones de olivar en el Priorat (referidos a las almazaras que procesan sus frutos). Datos elaborados a partir de la encuesta realizada a los agricultores de la comarca (año 2004).

Almazara	Convencional o Integrada				Ecológica		
	Fungicida (%)	Insecticida (%)	Fun.+Ins. (%)	Ninguno (%)	Fungicida (%)	Feromonas (%)	Ninguno (%)
Bisbal-Margalef	0,0	0,0	100,0	0,0	no aplica		
Cabacés	43,7	0,0	56,3	0,0	sin datos		
La Mola	62,7	0,0	31,4	5,9	no aplica		
El Molar	21,1	0,0	24,8	54,0	no aplica		
Torroja	0,0	0,0	27,8	72,2	no aplica		
Ulldemolins	35,1	0,9	6,9	57,1	44,4	6,6	49,0
La Vinícola	16,4	0,4	34,5	48,7	0,0	0,0	100,0
Priorat	24,0	0,6	27,9	47,5	43,6	6,5	49,8

El 49% de los olivicultores que se dedican a la producción ecológica en Ulldemolins tampoco suelen realizar ningún tratamiento en esta época, el resto suelen realizar una aplicación fungicida (contra repilo) y sólo el 7% aplican algún tratamiento con feromonas para controlar alguna plaga de primavera (principalmente la generación antófaga del *Prays oleae*).

Verano

Tampoco es usual realizar tratamientos en verano, ni en olivicultura convencional o integrada ni en ecológica, posiblemente debido a que la climatología de la zona no es favorable al desarrollo de las plagas y enfermedades usuales en el olivar, que en esta época serían la mosca del olivo (*Bractocera oleae*), la generación carpófaga del *Prays* y la cochinilla negra (*Saissetia oleae*) (Tous, 1990). De hecho, el 83,5% de los olivos de agricultura no ecológica no recibe tratamiento alguno durante esta época. Sólo los municipios del Molar, Cabacés y Poboleda (que forma parte de la almazara cooperativa de la Vinícola) suelen aplicar una mezcla de insecticida+fungicida en verano, contra repilo y mosca del olivo (Tabla 21).

Tabla 21.- Tratamientos fitosanitarios de verano en las plantaciones de olivar en el Priorat (referidos a las almazaras que procesan sus frutos). Datos elaborados a partir de la encuesta realizada a los agricultores de la comarca (año 2004).

Almazara	Convencional o Integrada				Ecológica		
	Fungicida (%)	Insecticida (%)	Fun.+Ins. (%)	Ninguno (%)	Fungicida (%)	Feromonas (%)	Ninguno (%)
Bisbal-Margalef	0,0	17,9	0,0	82,1	no aplica		
Cabacés	0,0	0,0	56,2	43,8	sin datos		
La Mola	0,0	0,0	0,0	100,0	no aplica		
El Molar	9,2	0,0	90,7	0,1	no aplica		
Torroja	0,0	0,0	39,5	60,5	no aplica		
Ulldemolins	0,0	1,2	0,0	98,8	1,8	0,9	97,3
La Vinícola	0,7	2,6	27,4	69,3	0,0	100,0	0,0
Priorat	0,4	3,7	12,4	83,5	1,8	2,5	95,8

Otoño

Igual que en los casos anteriores, no es usual realizar tratamientos en esta época, excepción hecha de años concretos donde la mosca del olivo (*Bractocera oleae*) pueda representar una plaga importante. Ciertamente es que un 54% del olivar de la zona recibe algún tratamiento fungicida (preventivo contra repilo) y que cerca del 42% recibe algún tratamiento insecticida contra la mosca del olivo. En olivicultura ecológica lo más usual es realizar algún tratamiento fungicida, quedando el control de mosca sólo en años con intensidad suficiente de plaga (Tabla 22).

El estudio de muestras de frutos entrados en las diferentes almazaras, demuestra una cierta relación entre la proporción de frutos afectados por mosca del olivo y la proporción de agricultores de cada almazara que realiza tratamientos insecticidas contra dicha plaga (cuando se comparan datos medios, se observa una correlación $r = -0,62$).

Tabla 22.- Tratamientos fitosanitarios de otoño en las plantaciones de olivar en el Priorat (referidos a las almazaras que procesan sus frutos). Datos elaborados a partir de la encuesta realizada a los agricultores de la comarca (año 2004).

Almazara	Convencional o Integrada				Ecológica		
	Fungicida (%)	Insecticida (%)	Fun.+Ins. (%)	Ninguno (%)	Fungicida (%)	Feromonas (%)	Ninguno (%)
Bisbal-Margalef	0,0	0,0	85,8	14,2	no aplica		
Cabacés	0,0	0,0	43,8	56,2	sin datos		
La Mola	59,4	0,0	0,0	40,6	no aplica		
El Molar	0,1	0,0	20,5	79,3	no aplica		
Torroja	0,0	0,0	82,4	17,6	no aplica		
Ulldemolins	38,7	1,5	4,6	55,8	58,1	0,9	41,0
La Vinícola	3,4	2,6	52,9	41,1	0,0	0,0	100,0
Priorat	19,0	1,6	35,2	44,2	57,1	0,9	42,0

5.2.7. Recolección y transporte de aceitunas

La recolección se realiza, mayoritariamente, entre el 15 de noviembre y el 15 de enero. Sólo un 5% de los olivos se cosechan a principios de noviembre y ninguno cosecha más allá del 15 de enero (Tabla 23).

Tabla 23.- Época de recolección de las plantaciones de olivar en el Priorat (referidos a las almazaras que procesan sus frutos). Datos elaborados a partir de la encuesta realizada a los agricultores de la comarca (año 2004).

Almazara	1 -15 noviembre ^z (%)	15 nov. – 15 diciembre ^z (%)	15 dic. – 15 enero ^z (%)	> 15 ene. ^z (%)
Bisbal-Margalef	28,1	57,9	77,1	0,0
Cabacés	0,0	100,0	100,0	0,0
La Mola	0,0	100,0	60,1	0,0
El Molar	0,0	100,0	100,0	0,0
Torroja	0,0	100,0	100,0	0,0
Ulldemolins	3,6	64,7	69,8	0,0
La Vinícola	0,0	97,0	89,3	0,0
Priorat	4,9	73,9	76,7	0,0

^z las fechas no son excluyentes, pudiendo un agricultor empezar a recolectar en una quincena y terminar dos meses más tarde, por lo que aparecerá computado en más de una época de recolección.

La técnica más usual es la recolección manual, utilizando peines o rasquetas (50%), aunque en los últimos años se está extendiendo el uso de vibradores manuales (denominados *aplausos* en la zona), que pueden representar del orden del 18% de los olivos cosechados, así como vibradores manuales de ramas (24% del total); en todos estos casos, las aceitunas se interceptan con mallas de plástico dispuestas sobre el suelo. Sólo un 8% de los olivos se cosechan utilizando vibradores de tronco con paraguas invertido para interceptar las aceitunas (Tabla 24).

Tabla 24.- Métodos de recolección aplicados en las plantaciones de olivar en el Priorat (referidos a las almazaras que procesan sus frutos). Datos elaborados a partir de la encuesta realizada a los agricultores de la comarca (año 2004).

Almazara	Sistema			Mano de obra	
	Manual (%)	Vibrador manual (%)	Vibrador troncos (%)	Propia (%)	Contratada (%)
Bisbal-Margalef	42,6	57,4	0,0	71,1	28,9
Cabacés	89,5	10,5	0,0	84,4	15,6
La Mola	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0
El Molar	18,3	81,7	0,0	85,8	14,2
Torroja	47,1	52,9	0,0	96,1	3,9
Ulldemolins	49,0	37,5	13,4	95,6	4,4
La Vinícola	54,1	44,4	1,4	91,2	8,8
Priorat	49,5	42,2	8,3	91,1	8,9

Sólo un 9% de olivares se recolecta con mano de obra contratada, a excepción de La Bisbal-Margalef donde representa el 29% del total.

El método más extendido de transporte de las aceitunas, desde el campo hasta la almazara, son los sacos de plástico (48%), principalmente en La Bisbal-Margalef (72%) y los municipios asociados a la almazara cooperativa de La Vinícola (62%); sin embargo, en los últimos años se va extendiendo el uso de cajas, como es el caso de la cooperativa de Cabacés, donde se ha pasado de transportar la totalidad de frutos en sacos en el año 2004 (año de la encuesta), a hacerlo totalmente en cajas en la actualidad. En el caso de Ulldemolins, el 40% de frutos se transportan en remolques (Tabla 25).

Tabla 25.- Sistemas de transporte de las aceitunas hasta las almazaras del Priorat (referidos a las almazaras que procesan sus frutos). Datos elaborados a partir de la encuesta realizada a los agricultores de la comarca (año 2004).

Almazara	Transporte					Demora hasta la entrega	
	Sacos (%)	Remolque (%)	S+R (%)	Cajas (%)	S+C (%)	1 día (%)	2 días (%)
Bisbal-Margalef	72,1	8,0	19,0	0,0	0,0	100,0	0,0
Cabacés	0,0	0,0	0,0	100,0 ^z	0,0	100,0	0,0
La Mola	48,5	0,0	0,0	51,5	0,0	100,0	0,0
El Molar	54,2	0,0	0,0	42,0	3,8	100,0	0,0
Torroja	30,7	12,4	5,6	51,3	0,0	0,0	100,0
Ulldemolins	38,8	40,7	20,4	0,0	0,0	4,1	95,9
La Vinícola	62,2	6,8	3,3	25,8	1,9	98,1	1,9
Total Priorat	48,1	27,3	15,2	8,9	0,5	42,3	57,7

^z: dato actualizado (en el momento de la encuesta, año 2004, la cooperativa de Cabacés transportaba el 100% de frutos en sacos)

Finalmente, con respecto al tiempo de entrega de las aceitunas a las almazaras, se realiza mayoritariamente el mismo día de recolectar, por la noche. En el caso de Ulldemolins, donde coexisten olivicultura convencional, integrada y ecológica, en el año 2004 existía un sistema de turnos de entrega por días, lo que se traducía, en que solamente el 4% de frutos se entregara el mismo día de ser cosechados, con la consiguiente pérdida de calidad de los aceites (como se verá con más detalle en capítulos posteriores). Finalmente, en Torroja molturan utilizando una prensa tradicional y mantienen el hábito de entregar aceitunas cada 2-3 días, con lo cual también se facilita la extracción del aceite, aunque la pérdida de calidad del mismo es importante (Tabla 25).

Una posible estrategia propuesta para reducir el deterioro de las aceitunas almacenadas sería su almacenamiento en frío (García et al., 1996; Cavet y García, 1999). Ello permite mantener, sin cambios significativos, la calidad del aceite, si bien no está claro que sea efectivo en todas las variedades. Evidentemente, se trata de una estrategia cara, por lo que no se ha difundido su aplicación al sector oleícola.

5.3. Caracterización de las almazaras y bodegas

En el presente apartado destacaremos sólo aquellos aspectos más relevantes con respecto a las características finales de los aceites obtenidos. Así, por ejemplo, nos interesa detectar aquellas almazaras que para poder molturar toda la aceituna de una jornada en 24 horas deban trabajar a ritmos elevados, o con demasiada temperatura, de manera que los aceites puedan presentar menor estabilidad o menos intensidad aromática que la esperable según su zona de origen; también, aquellas instalaciones que inyectan demasiada agua al decánter, de manera que los aceites tienen menos polifenoles que los previstos por las condiciones climáticas de la zona; así como cualquier otra particularidad del proceso que pueda afectar a la calidad final del aceite.

5.3.1. Sistemas de extracción

Un primer factor muy importante para caracterizar las almazaras del Priorat es el tipo de sistema de extracción que nos permite clasificarlas en tres grandes grupos:

1. Almazara de prensas tradicionales. Es el caso de Torroja, la única del Priorat que funciona con prensa tradicional. Su nivel de producción es muy bajo, sólo suficiente para abastecer el autoconsumo de los socios de la cooperativa y sin

aceite sobrante la mayoría de campañas, de manera que su importancia relativa es testimonial, en comparación con el resto de aceites de la zona. Además, los aceites obtenidos por este sistema son totalmente diferentes de los obtenidos con sistemas continuos, principalmente en lo referente a la calidad real obtenida en condiciones normales de trabajo en este tipo de instalaciones. En la cosecha 2010-11 esta almazara ha dejado de trabajar y los socios productores se han integrado en la cooperativa Vinícola del Priorat.

En efecto, la Tabla 26 muestra las diferencias observadas entre los aceites del Priorat procedentes de una almazara de prensas (Torroja), en comparación con el resto de almazaras con instalaciones contínuas en la zona. En el período estudiado, la acidez media de los aceites de prensas ha sido superior a la obtenida en los sistemas contínuos, mientras que la valoración sensorial ha sido inferior, todo lo cual se traduce en un menor índice global de calidad (IGC) y una menor proporción de aceites de categoría “extra” ($p < 0,0001$). Estos resultados están de acuerdo con los de Di Giovacchino et al. (2002b) y Salvador et al. (2003), entre otros.

Tabla 26.- Calidad de los aceites producidos por sistema tradicional de prensas, en comparación con los sistemas contínuos de dos y tres fases, en el Priorat. Datos medios del período 2003-2007. (Distribución ponderada por los kg de aceite de cada depósito)

Parámetro	Sistema de extracción		F sistema
	prensas	contínuos	
I.Acidez (% ác. oleico)	0,41 a ^y	0,11 b	205 ^{***}
I.Peróxidos (meq O ₂ /kg aceite)	6,80 a	8,27 a	0,90 ^{NS}
K ₂₃₂	1,56 a	1,73 a	2,24 ^{NS}
K ₂₇₀	0,11 a	0,10 a	1,01 ^{NS}
Puntuación sensorial (0-9)	5,4 b	6,7 a	14,95 ^{***}
IGC ^z	5,6 b	7,3 a	18,54 ^{***}
Categoría comercial:			
% extra	16,8	68,6	
% virgen	33,7	27,9	
% lampante	49,5	3,5	

^z: IGC = índice global de calidad; ^y: por filas, valores seguidos de letras distintas difieren significativamente, según test “t”, cuando el procedimiento MIXED indica diferencias significativas ($P \leq 0,05$).

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$; ^{NS} no significativo.

2. Almazara con sistema contínuo de 3 fases. La almazara de La Vinícola es la única que funcionaba mediante un sistema contínuo de 3 fases al inicio del

estudio. Posteriormente, en el año 2004 se cambió el decanter por uno de 2 fases. Esto significa que durante la campaña 2003-04 los aceites fueron sometidos a un proceso intenso de lavado en el decanter y presentaban un menor contenido en polifenoles totales, lo que conlleva menor estabilidad y amargor (K_{225}) y, a nivel sensorial, menor intensidad de picante, amargo y astringencia, así como, posiblemente, un mayor dulzor (por la falta de amargo), tal y como puede comprobarse en la Tabla 27 y de acuerdo con lo observado por distintos autores (Angerosa y Di Giovacchino, 1996; Ranalli y Angerosa, 1996; DiGiovacchino et al., 2001), en el sentido de que los aceites obtenidos por sistemas de 2fases, en comparación a los de 3fases, son más ricos en polifenoles, tienen mayor estabilidad y mayor puntuación sensorial. Este factor es muy importante y debe considerarse a la hora de interpretar correctamente los resultados de caracterización de sus aceites.

Tabla 27.- Calidad de los aceites producidos por sistema continuo de dos y tres fases, en la almazara ‘Vinicola del Priorat’. Datos medios del periodo 2003-2007.

Parámetro	3Fases (2003-04)	2Fases (2004-07)	F sistema
I.Acidez (% ác. oléico)	0,10 a ^w	0,12 a	0,96 ^{NS}
I.Peroxidos (meq O ₂ /kg aceite)	7,44 a	8,10 a	0,19 ^{NS}
K ₂₃₂	1,63 a	1,79 a	2,38 ^{NS}
K ₂₇₀	0,08 a	0,10 a	3,16 ^{NS}
Atributos sensoriales:			
<i>Frutado</i> ^z	3,8 b	4,7 a	7,38 ^{**}
<i>Manzana</i>	0,5 a	0,3 a	0,64 ^{NS}
<i>Otras frutas maduras</i>	2,0 a	1,3 b	6,48 [*]
<i>Verde</i>	2,4 b	3,2 a	6,43 [*]
<i>Amargo</i>	2,5 b	3,6 a	6,91 [*]
<i>Picante</i>	3,8 a	4,2 a	2,22 ^{NS}
<i>Dulce</i>	4,6 a	4,0 b	10,59 ^{**}
<i>Astringencia</i>	0,7 b	2,0 a	8,15 ^{**}
<i>Otros</i>	2,2 b	2,7 a	5,39 [*]
Complejidad ^y	3,2 b	4,5 a	4,29 [*]
Puntuación sensorial (0-9)	6,6 b	7,2 a	7,25 ^{**}
IGC ^x	7,42 a	7,69 a	1,23 ^{NS}
Polifenoles totales (mg/kg ác. cafeico)	135 b	193 a	17,15 ^{**}
Amargor (K ₂₂₅)	0,134 b	0,195 a	16,67 ^{**}
Estabilidad (h a 120°C)	4,60 b	7,06 a	8,96 [*]

^z Atributos sensoriales expresados sobre escala de 10 cm; ^y número de atributos aromáticos percibidos; ^x índice global de calidad; ^w: por filas, valores seguidos de letras distintas difieren significativamente, según test “t”, cuando el procedimiento MIXED indica diferencias significativas (P≤0,05).

* P<0,05; ** P<0,01; ***P<0,001; ^{NS} no significativo.

3. Almazaras con sistema continuo de 2 fases. Es el caso del resto de almazaras del Priorat, desde el inicio del estudio.

5.3.2. Tipo de decánter

Un segundo factor que permite clasificar las almazaras es el tipo de decanter que utilizan:

1. La almazara de La Bisbal-Margalef dispone de un decanter PIERALISI modelo SPI-3 de 2fases, de gran capacidad (100 t/24h). Se trata de un modelo de decánter que suele dar problemas de agotamiento de alperujos, en el caso concreto de la variedad 'Arbequina', con lo que el maestro almazarero suele forzar el batido de la pasta, ya sea con temperaturas elevadas o con tiempos largos de batido. En efecto, la Tabla 28 muestra que La Bisbal-Margalef calienta hasta 1,6°C más la pasta en la batidora (29,6°C frente a 28,0°C) y la procesa durante unos 18 minutos más (107 min frente a 89 min), en comparación con el promedio del resto de almazaras de 2fases del Priorat. Aunque dicha diferencia no parece afectar el nivel de oxidación del aceite, sí que parece favorecer la pérdida de aromas que se traduce en una menor intensidad de frutado y una menor complejidad. Por otra parte, los datos sugieren un enriquecimiento en polifenoles, que conlleva una mayor intensidad de amargo, picante y astringencia, de acuerdo con los resultados de Hermoso et al. (1995).
2. La Mola utiliza un decánter ALFA LAVAL NX-X35 de 2fases de gran capacidad (100 t/24h). En este caso, el factor más crítico es la batidora de gran tamaño de que dispone, con dos cuerpos de 4.000 kg de capacidad cada uno; el trabajo con esta batidora es muy difícil y facilita una excesiva aireación y calentamiento de la masa y de los aceites, por lo cual el maestro almazarero procura siempre trabajar por debajo de 28°C, aunque difícilmente puede mantener un tiempo de batido inferior a 105 minutos. Sin embargo, cuando se compara su funcionamiento con el decánter de La Bisbal-Margalef, de la misma capacidad, se constata, en los aceites producidos en La Mola, una menor intensidad de atributos relacionados con el contenido en polifenoles, como el amargo, picante y astringencia, así como un mayor dulzor y una mayor intensidad y complejidad aromática, lo que, junto con un menor nivel de peróxidos, se traduce en un mayor IGC de los aceites (Tabla 28); estas

observaciones concuerdan con las realizadas por Ranalli et al. (2003), estudiando el efecto del tiempo de batido sobre aceites de variedades italianas, donde se constaba una disminución de distintos compuestos fenólicos y un aumento de compuestos volátiles derivados de la vía de la lipoxigenasa (LOX).

Tabla 28.- Características de los aceites, de categoría “extra”, en relación al tipo de decánter de 2fases utilizado. Datos medios del período 2003-2007 (Vinícola 2004-2007) y ponderados por el volumen de aceite de cada depósito analizado.

	Almazaras					
	Bisbal	La Mola	Ulldemolins	Masroig	Cabacés, La Serra, Vinícola	Molar
Características del decánter						
Modelo	SPI3	NX-X35	SC90	M3	M2	M1
Capacidad (t/24h)	100	100	45	36	25	20
Geometría (largo/diámetro)	3,4	4,2	--	8,4	3,2	2,5
Características del alperujo						
Aceite (% sms)	11,9	13,1	10,1	12,6	12,0	16,2
Humedad (%)	64,1	63,3	61,6	65,2	65,9	65,1
Condiciones de batido						
temperatura (°C)	29,6	28,0	24,6	28,4	29,7	29,2
tiempo (min)	107	108	83	72	85	97
Características fisico-químicas del aceite						
I.Acidez (% ác. oleico)	0,106	0,118	0,089	0,102	0,111	0,090
I.Peróxidos (meq O ₂ /kg)	8,07	7,03	7,08	8,36	8,51	8,74
K ₂₃₂	1,53	1,64	1,60	1,82	1,81	1,74
K ₂₇₀	0,103	0,100	0,094	0,098	0,103	0,101
Polifenoles (mg/kg)	177	159	151	166	185	160
Estabilidad (h 120°C)	7,03	5,71	5,09	6,08	6,73	5,93
Amargor (K ₂₂₅)	0,197	0,147	0,143	0,185	0,203	0,180
Atributos sensoriales:						
<i>Frutado^z</i>	4,36	4,48	4,87	5,00	4,99	4,56
<i>Manzana</i>	0,44	0,48	0,22	0,63	0,45	0,57
<i>Otras frutas maduras</i>	0,98	1,62	1,15	1,45	1,38	1,72
<i>Verde</i>	3,20	3,10	3,31	3,45	3,50	3,27
<i>Amargo</i>	4,09	3,27	3,87	3,59	3,63	3,32
<i>Picante</i>	4,57	3,91	4,35	4,25	4,25	4,00
<i>Dulce</i>	3,63	4,21	3,85	3,99	3,93	4,01
<i>Astringencia</i>	2,80	1,71	2,21	2,19	2,16	1,71
<i>Otros</i>	2,83	2,67	2,83	2,85	2,89	2,69
Complejidad ^y	4,16	5,14	4,95	5,45	5,27	5,59
Puntuación sensorial (0-9)	6,99	7,21	7,29	7,47	7,44	7,28
IGC ^x	7,54	7,90	7,99	8,01	7,94	7,89

^z Atributos sensoriales expresados sobre escala de 10 cm; ^y número de atributos aromáticos percibidos; ^x índice global de calidad

- Ulldemolins tiene instalado un decánter PIERALISI SC-90 de 2fases de capacidad media (45 t/24h), mientras que Masroig dispone de un M-3, del mismo fabricante y también de 2fases, con una capacidad algo inferior (36 t/24h) y caracterizado por tener una geometría sensiblemente más larga que los M1 y M2. Se trata de las dos almazaras que obtienen mejores IGC en los aceites

de categoría “extra”, sin embargo, es difícil establecer una relación directa causa-efecto.

4. Cabacés, La Serra y La Vinícola disponen de un decánter PIERALISI modelo M-2 (25 t/24h) en 2 fases, que presentan una geometría sensiblemente más corta que los anteriores (Masroig y Ulldemolins), lo cual podría inducir una menor aireación del aceite dentro del decánter, así como un lavado de polifenoles menos intenso, en relación a los decánters de mayor longitud. En consecuencia, la estabilidad de estos aceites es sensiblemente superior, como puede apreciarse en la Tabla 28.
5. El Molar trabaja con un decánter PIERALISI modelo M-1 de 20 t/24h y geometría todavía más corta que los anteriores, lo que, junto a su menor potencia, se traduce en una menor capacidad de separación, que normalmente implica unos orujos más cargados de grasa (Tabla 28). Como se verá en los capítulos dedicados a la caracterización de aceites, estos problemas de extracción hacen que el maestro almazarero tienda a reducir los ritmos de trabajo, reteniendo frutos y pasta en las etapas anteriores, lo que suele inducir problemas de pérdida de calidad en el aceite.

5.3.3. Patio de recepción de frutos

Con respecto al patio de recepción, todas las almazaras disponen de instalaciones muy parecidas. Sin embargo, en relación a las características sensoriales de los aceites, cabe remarcar cuatro tipos diferentes de gestión:

1. Ulldemolins procesa aceitunas de producción convencional, integrada y ecológica, lo que implica separar las entradas de los agricultores y realizar operaciones frecuentes de lavado de toda la instalación, entre turnos de diferente tipo de producción. Todo esto puede suponer problemas de retención de frutos antes de molturar, con las consiguientes alteraciones, principalmente por microorganismos aerobios, que suelen traducirse en pérdidas de aromas frutados y menores niveles de polifenoles totales. Este problema era especialmente relevante en los primeros años del programa de mejora de la calidad, ya que se asignaban períodos de tres días para entregar y procesar frutos de cada sistema de producción (los agricultores debían cosechar en días alternos para evitar que

una parte de los frutos estuvieran más de 48 h sin ser procesadas, como indica el reglamento de la DOP “Siurana”). El sistema se modificó en 2006, a partir del cual los turnos de entrega pasaron a ser de un día para cada tipo de aceituna. La Tabla 29 presenta las características químicas medias de los aceites producidos por la cooperativa, así como su distribución en las correspondientes categorías comerciales, antes y después de aumentar la frecuencia de entrega de aceitunas. Aunque la distribución en categorías es estadísticamente distinta, con una proporción claramente superior de aceites “extra” cuando se trabaja en turnos diarios, los valores químicos y sensoriales medios no presentan diferencias significativas cuando son analizados por el procedimiento MIXED (aunque sí lo son si se analizan mediante GLM).

Tabla 29.- Calidad de los aceites producidos en Ulldemolins, trabajando con turnos de 3 días (2003-2004) y de 1 día (2005-2008). Datos medios de cada período (distribución ponderada por los kg de aceite de cada depósito).

Parámetro	Turnos de recolección		
	3 días	1 día	F tiempo
I.Acidez (% ác. oleico)	0,11 a ^w	0,08 a	4,84 ^{NS}
I.Peróxidos (meq O ₂ /kg aceite)	8,15 a	6,31 a	1,04 ^{NS}
K ₂₃₂	1,63 a	1,56 a	1,75 ^{NS}
K ₂₇₀	0,08 a	0,10 a	5,15 ^{NS}
Puntuación sensorial (0-9)	7,11 a	7,48 a	2,68 ^{NS}
IGC ^z	6,40 a	6,76 a	1,59 ^{NS}
Categoría comercial:			
% extra	52,5	76,7	
% virgen	47,5	23,7	
% lampante	0,0	0,0	

^z índice global de calidad; ^w: por filas, valores seguidos de letras distintas difieren significativamente, según test “t”, cuando el procedimiento MIXED indica diferencias significativas (P≤0,05).

* P<0,05; ** P<0,01; ***P<0,001; ^{NS} no significativo.

2. La Serra d’Almos-Guiamets es la única almazara que empieza a molturar en el mismo momento de recibir las aceitunas por la noche y no paran hasta haber vaciado las tolvas. Esto minimiza las fermentaciones de postcosecha y favorece que los aceites presenten mayores intensidades aromáticas, por la especial *frescura* de las aceitunas. En la Tabla 30 se puede observar la comparación entre las características de los aceites de categoría “extra” de La Serra con respecto a las características de los aceites elaborados en otras dos almazaras (Cabacés y La Vinícola) que trabajan con el mismo decanter, pero que

almacenan las aceitunas por la noche y empiezan su molturación a la mañana siguiente. Los resultados indican un mayor frutado, aroma verde y amargor en los aceites de La Serra, aunque el análisis puede verse afectado por el efecto de la localidad, en el sentido de que la menor latitud y altitud de La Serra haría esperables aceites con atributos organolépticos de menor intensidad.

Tabla 30.- Características sensoriales medias de los aceites de categoría “extra” de La Serra (aceitunas de menos de 12 horas), en comparación con los de Cabacés y La Vinícola (aceitunas de menos de 24 horas), todos ellos equipados con un decanter M2 y trabajando a 2 fases. Datos medios del período 2004-2008.

Parámetro	Tiempo tras recolección		F tiempo
	< 12 horas	< 24 horas	
Almazaras	La Serra	Cabacés Vinícola	
Atributos sensoriales:			
<i>Frutado</i> ^z	5,27 a ^w	4,79 b	12,33 ^{***}
<i>Manzana</i>	0,48 a	0,27 a	2,38 ^{NS}
<i>Otras frutas maduras</i>	1,27 a	1,38 a	0,57 ^{NS}
<i>Verde</i>	3,62 a	3,34 b	4,90 [*]
<i>Amargo</i>	3,58 a	3,53 b	6,29 [*]
<i>Picante</i>	4,29 a	4,25 a	0,19 ^{NS}
<i>Dulce</i>	3,89 a	3,93 a	0,56 ^{NS}
<i>Astringencia</i>	2,34 a	2,09 a	3,75 ^{NS}
<i>Otros</i>	2,88 a	2,74 a	3,74 ^{NS}
Complejidad ^y	5,56 a	4,97 a	3,71 ^{NS}
Puntuación sensorial (0-9)	7,54 a	7,32 b	7,45 ^{**}
IGC ^x	8,02 a	7,77 a	3,92 ^{NS}

^z Atributos sensoriales expresados sobre escala de 10 cm; ^y número de atributos aromáticos percibidos; ^x índice global de calidad; ^w: por filas, valores seguidos de letras distintas difieren significativamente, según test “t”, cuando el procedimiento MIXED indica diferencias significativas (P≤0,05).

* P<0,05; ** P<0,01; ***P<0,001; ^{NS} no significativo.

3. Cabacés ha incorporado cambios significativos durante todos estos años, como:

- a. El uso de cajas para transportar las aceitunas de todos los socios de la cooperativa, lo que evita los aplastamientos y el inicio de fermentaciones en el campo. Por este motivo, serían de esperar aceites de mayor frutado y riqueza aromática, así como con un mayor nivel de polifenoles.
- b. La instalación de una segunda línea de triturador-batidora-decánter-Cent.Vert., para el procesado de aceitunas de producción ecológica, sin que se vea alterado el trabajo normal de la instalación. Por tanto, en

principio, los aceites convencionales no sufren de los efectos negativos esperables en la cooperativa de Ulldemolins.

- c. La sustitución de todas las conducciones de PVC u otros materiales presentes en las instalaciones del molino por acero inoxidable, mucho más fácil de limpiar, a la vez que más difícil de ensuciar. La consecuencia esperable es una menor proporción de aceites con atributos sensoriales defectuosos derivados de suciedad u olores anómalos.

- 4. El resto de almazaras mantienen una gestión más estándar de los frutos en la recepción.

5.3.4. Coadyuvantes tecnológicos

Una técnica usual en el procesado de aceitunas frescas de ‘Arbequina’ en esta zona, principalmente al inicio de campaña (cuando el fruto tiene mayor contenido de agua y de sustancias pécticas), consiste en añadir **talco micronizado** a las pastas de batido. Esta técnica suele ir asociada a variaciones sensibles en los aceites obtenidos, aunque de menor entidad en el sistema de 2fases que en el de 3fases, donde el talco promueve una mayor concentración de polifenoles en el aceite obtenido (Cert et al.,1996). Desde este punto de vista, podemos clasificar las almazaras en función de si utilizan o no talco:

- 1. Cabacés, La Mola, La Serra, Ulldemolins y La Vinícola añaden sistemáticamente talco micronizado a las pastas de batido. Con ello consiguen mantener un ritmo elevado de inyección al decánter, sin que sea necesario subir la temperatura o el tiempo de batido y logrando unos agotamientos del orujo parecidos o incluso sensiblemente mejores (Tabla 31).

Tabla 31.- Comparación de las condiciones de batido y extracción entre almazaras que aplican talco micronizado y las que no. Datos medios del período 2003-2007.

Parámetro	Talco	Sin talco	F talco
Temperatura de batido (°C)	28,2 a ^y	29,0 a	2,21 ^{NS}
Tiempo batido (min)	89,6 a	91,4 a	0,15 ^{NS}
Ritmo inyección al decánter (% ^z)	74,9 a	67,4 b	12,74 ^{**}
Grasa en orujo (% sms)	11,9 a	13,5 a	1,52 ^{NS}

^z El ritmo de inyección se expresa como la relación porcentual entre la masa inyectada y la capacidad teórica de la máquina; ^y: por filas, valores seguidos de la misma letra no difieren significativamente, según test “t”, cuando el procedimiento MIXED indica diferencias significativas (P≤0,05).

* P<0,05; ** P<0,01; ***P<0,001; ^{NS} no significativo.

2. El resto de almazaras (La Bisbal-Margalef, El Molar y Masroig) no utilizan talco micronizado, o lo hacen sólo ocasionalmente, con lo que, si quieren mantener un nivel de agotamiento de orujos correcto deben realizar regulaciones importantes; la más usual consiste en aumentar la temperatura de batido, lo que comporta pérdida de aromas y de estabilidad en el aceite obtenido.

El trabajo con decánters de 2fases suele describirse como el de un sistema que no precisa inyectar **agua** en el decantador para facilitar la separación. Sin embargo, es usual que los maestros almazareros sigan añadiendo una cierta proporción de agua (cercana al 10%) para facilitar la separación de la fracción oleosa. Como ya se ha comentado anteriormente, la almazara de La Vinícola trabajó en 3fases durante el primer año del estudio, con una adición media de agua del 41% y, posteriormente, una vez transformado el decánter a 2fases pasó a inyectar agua al 9,3% de media. Como ya se ha comentado anteriormente, este aspecto debe tenerse muy en cuenta a la hora de utilizar los datos para caracterizar los aceites; en efecto, la Tabla 32 resume los valores medios de diferentes características químicas y sensoriales de los aceites de esta cooperativa antes y después de haber cambiado de 3 a 2fases. Los resultados indican claramente que en 3fases hay un lavado importante de polifenoles, que conlleva modificaciones significativas del perfil sensorial y de otros parámetros químicos, de acuerdo con lo observado por DiGiovacchino et al., (2001). Esto hace aconsejable no considerar los datos del primer año (2003) para esta almazara, a la hora de definir cuáles son sus características típicas actuales.

Tabla 32.- Características medias de los aceites de categoría “extra” de La Vinícola trabajando a 3fases y a 2fases. Datos medios del período 2003-2008.

Parámetro	Sistema de extracción		
	3fases	2fases	F fases
Polifenoles totales (mg/kg ác. cafeico)	135 a ^w	210 a	6.41 ^{NS}
Amargor (K ₂₂₅)	0,14 a	0,21 a	7.94 ^{NS}
Estabilidad (h a 120°C)	4,6 a	7,5 a	5.10 ^{NS}
Atributos sensoriales:			
<i>Frutado</i> ^z	4,65 a	4,65 a	0,0 ^{NS}
<i>Manzana</i>	0,75 a	0,23 a	0,72 ^{NS}
<i>Otras frutas maduras</i>	2,00 a	1,36 a	1,35 ^{NS}
<i>Verde</i>	3,00 a	3,21 a	0,15 ^{NS}
<i>Amargo</i>	2,65 a	3,38 a	0,77 ^{NS}
<i>Picante</i>	3,00 a	4,12 a	4,59 ^{NS}
<i>Dulce</i>	4,90 a	3,93 a	4,49 ^{NS}
<i>Astingencia</i>	0,90 a	2,04 a	2,74 ^{NS}
<i>Otros</i>	2,90 a	2,65 a	0,72 ^{NS}
Complejidad ^y	3,00 a	4,76 a	1,28 ^{NS}
Puntuación sensorial (0-9)	7,00 a	7,24 a	0,57 ^{NS}
IGC ^x	7,68 a	7,67 a	0,0 ^{NS}

^z Atributos sensoriales expresados sobre escala de 10 cm; ^y número de atributos aromáticos percibidos; ^x índice global de calidad; ^w por filas, valores seguidos de letras distintas difieren significativamente, según test “t”, cuando el procedimiento MIXED indica diferencias significativas (P≤0,05).

* P<0,05; ** P<0,01; ***P<0,001; ^{NS} no significativo.

5.3.5. Almacenamiento de aceites

Finalmente, centrándonos en la etapa de almacenamiento final de los aceites elaborados, cabe señalar que la bodega debe permitir clasificar correctamente los aceites, por sus calidades sensoriales y químicas, y su gestión debe permitir preservar estas características hasta el momento de la venta. En la Tabla 33 se describe la capacidad total de almacenamiento de cada bodega del Priorat, el número, materiales y tamaño medio de los depósitos.

Tabla 33.- Sistemas de almacenamiento de aceite de las diferentes almazaras del Priorat. Datos medios del período 2003-2008.

Almazara	Capacidad total (litros)	nº depósitos	Capacidad por Materiales (litros y %)				Capacidad media (litros/depósito)	% de la capacidad total ^(x)
			INOX	EPOXI	PE-PVC	Azulejo		
Bisbal-Margalef	146.000	10	0	95.000 65,1%	51.000 34,9%	0	14.600	10,0
Cabacés	101.300	10	21.300 21,0%	80.000 79,0%	0	0	10.130	10,0
El Molar	88.000	7	8.000 9,1%	80.000 90,9%	0	0	12.571	14,3
La Mola	167.000	9	167.000 100,0%	0	0	0	18.556	11,1
La Serra	113.000	12	0	83.000 73,5%	30.000 26,5%	0	9.417	8,3
La Vinícola	84.000	9	11.500 13,7%	72.000 85,7%	500 0,6%	0	9.333	11,1
Masroig	160.000	11	34.000 21,2%	126.000 78,8%	0	0	14.545	9,1
Torroja	6.600	3	5.000 75,8%	0	0	1.600 24,2%	2.200	33,3
Ulldemolins ^y	156.150	10	64.150 41,1%	92.000 58,9%	0	0	15.615	10,0
Priorat	920.750	81	289.650 31,5%	548.000 59,5%	81.500 8,9%	1.600 0,2%	12.968	1,4

(z) Proporción respecto de la capacidad total de la bodega. (y) Ulldemolins dispone, también, de otros 8 trujales de azulejo, con una capacidad total de 200.000 litros de aceite, aunque están fuera de uso; (x) relación entre la capacidad media de un depósito y la capacidad total.

En la Tabla 34 se compara la capacidad de almacenamiento en relación a la producción, tanto para una cosecha media como para la máxima observada; también se analiza la evolución del número de depósitos y su tamaño medio desde 2002 hasta 2008, lo que aporta información sobre el esfuerzo realizado por cada almazara para mejorar la capacidad en años de fuerte cosecha y de aumentar la capacidad de clasificación de aceite por calidades. Cabe remarcar que en años de mucha cosecha el mercado de aceites suele retraerse hasta que las almazaras alcanzan su límite máximo de almacenamiento y se ven obligadas a vender a precios bajos, a pesar de que los aceites de inicio de campaña suelen ser los de mejor calidad.

Tabla 34.- Capacidad de almacenamiento de aceite en función de la producción de las diferentes almazaras del Priorat. Evolución del número de depósitos y de su tamaño medio, en el período 2002-2008.

Almazara	Capacidad total (litros)	Producción anual		Déficit		Depósito medio		nº depósitos	
		media (litros/año)	máxima (litros/año)	medio (%)	máximo (%)	2002 (litros)	2008 (litros)	2002	2008
Bisbal-Margalef	146.000	211.024	320.024	-30,8	-54,4	16.000	14.600	8	10
Cabacés	101.300	146.740	264.000	-31,0	-61,6	26.000	10.130	4	10
El Molar	88.000	34.228	89.550	+157,1	-1,7	29.000	12.571	4	7
La Mola	167.000	78.144	182.400	+113,7	-8,4	19.000	18.556	9	9
La Serra	113.000	71.314	111.896	+58,5	+1,0	10.000	9.417	12	12
La Vinícola	84.000	87.800	145.800	-4,3	-42,4	25.000	9.333	3	9
Masroig	160.000	65.427	135.100	+144,5	+18,4	19.000	14.545	6	11
Torroja	6.600	12.876	23.310	-48,7	-71,7	7.000	2.000	2	3
Ulldemolins ^y	156.150	167.424	240.890	-6,7	-35,2	24.000	16.615	6	10
Priorat	1.022.050	874.977	1.512.970	+16,8	-32,4	17.200	12.618	55	81

(y) Ulldemolins dispone, también, de otros 8 trujales de azulejo, con una capacidad total de 200.000 litros de aceite, aunque están fuera de uso.

La Figura 13 resume la información expuesta, siendo de destacar los siguientes aspectos referentes a la tipología de las bodegas del Priorat:

1. En todas las bodegas de las almazaras del Priorat, excepción hecha de la de Torroja, la capacidad media de cada depósito representa menos del 15% de la capacidad total de la bodega; ello se debe a que la capacidad total de las bodegas es reducida (entre 84.000 litros de aceite en La Vinícola y 167.000 litros en Masroig) y el número de depósitos es elevado, en relación a dicha capacidad total (entre 7 depósitos del Molar hasta los 12 de La Serra-Guiamets). Este tipo de bodegas permite clasificar correctamente los aceites, a medida que se van fabricando, siendo de esperar una mayor diversificación en cuanto a su contenido en polifenoles, estabilidad, K_{225} y características sensoriales. Sin embargo, aunque se dispone de esta capacidad de clasificación, no todas son gestionadas de la misma manera.
2. Las cooperativas de La Mola, Masroig, Ulldemolins, El Molar y La Vinícola disponen de depósitos de acero inoxidable o trujales revestidos de pintura epoxídica que representan más del 80% de la capacidad total de almacenamiento. Dichos depósitos y trujales permiten preservar correctamente las características de los aceites. El resto de bodegas dispone de más del 60% de capacidad en este tipo de depósitos.
3. La cooperativa de Torroja, por su carácter más tradicional y su orientación productiva al autoconsumo es la que dispone de un peor sistema de almacenamiento, con sólo tres depósitos, dos de ellos con losetas y un tercero de acero inoxidable.
4. En relación a la producción total de aceite de cada cooperativa (Tabla 34), Torroja, La Bisbal y Cabacés presentan un claro déficit de volumen de almacenamiento, superior al 30%, lo que obliga a ir vendiendo aceite durante el primer tramo de la campaña. La Vinícola y Ulldemolins pueden tener un déficit significativo en años de máxima cosecha, mientras que El Molar y La Mola están muy bien dimensionadas y no llegan al 10% de déficit en los años de máxima producción, y solamente Masroig y La Serra presentan una capacidad suficiente incluso para los años de mayor cosecha.

5. En su conjunto, las cooperativas del Priorat presentan una buena capacidad de almacenamiento para años normales, con un déficit del 32% en años de máxima cosecha. Esta situación supone una clara mejora, con respecto al año 2002, previo a la aplicación del Programa de Mejora DAAM-IRTA-AOP. En efecto, las distintas cooperativas han mejorado tanto en número de depósitos, que han pasado de 55 a 81, como en su capacidad media, que se ha reducido de 17.200 litros a los 12.618 litros actuales. Todo ello se traduce no sólo en una mayor capacidad de almacenamiento, si no también en una mayor capacidad de clasificación del aceite en diferentes calidades.

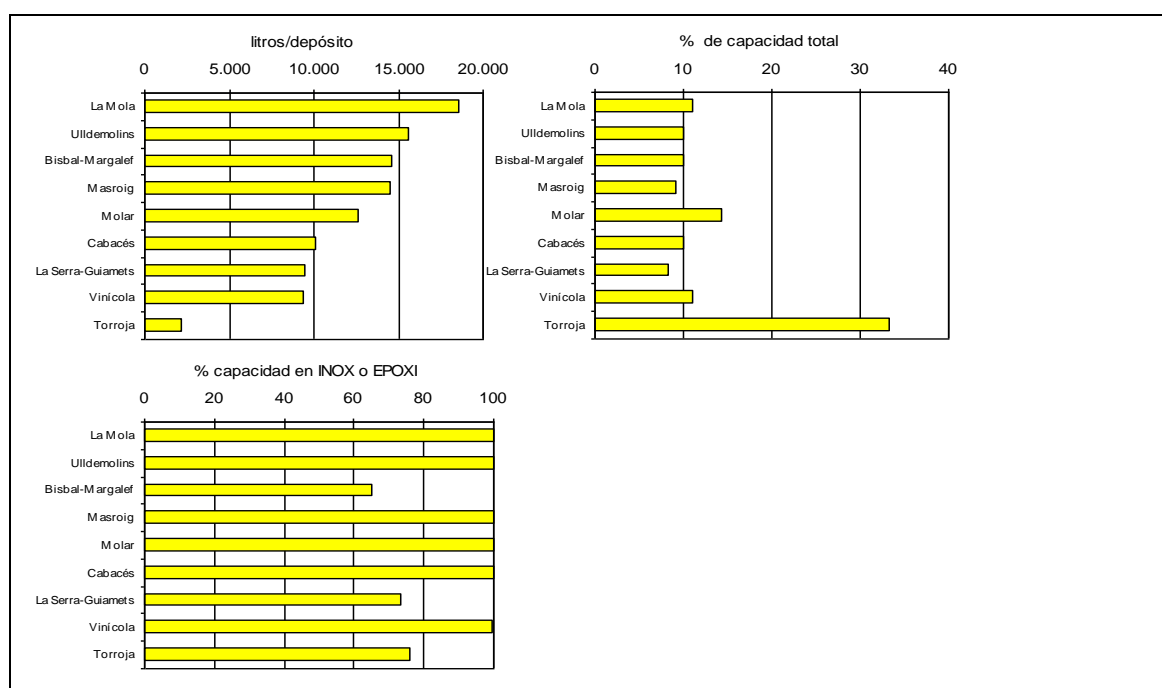


Figura 13.- *Superior izquierda*: capacidad media de los depósitos de cada almazara. *Superior derecha*: proporción del total de capacidad de la bodega que representa el depósito medio. *Inferior izquierda*: proporción de depósitos de acero inoxidable (INOX) o revestidos con pintura epoxídica (EPOXI).

5.4. Caracterización de las condiciones de extracción en campaña

En el período 2003-2007 se han realizado un total de 664 visitas al conjunto de almazaras del Priorat. En cada visita se han anotado las condiciones de trabajo de cada línea de extracción, tal y como se describe en la sección de Material y Métodos. Se incluyeron datos sobre la recepción de aceitunas, molturación, batido, centrifugación y

clasificación en bodega; también se tomaron muestras de orujo y aceitunas, con el fin de evaluar la eficiencia extractiva de cada almazara, a lo largo de la campaña.

El análisis de dicha información permite definir las condiciones más normales de trabajo de cada instalación y predecir sus posibles efectos sobre la calidad de los aceites, tal y como se ha comentado en el apartado anterior.

Se ha optado por hacer un análisis de distribución de frecuencias de las diferentes regulaciones a lo largo de los años, en cada almazara, así como de la eficiencia extractiva de cada una. El Anejo 1 recoge todos los resultados presentados en forma de tablas.

La Figura 14 presenta los intervalos intercuartiles de las variables temperatura y tiempo de **batido**, de manera que es posible representar aquellas condiciones de elaboración que suponen el 50% de los casos observados en cada almazara. A partir de este gráfico es posible establecer los siguientes grupos de almazaras, según las condiciones de batido aplicadas:

- a) La Mola, El Molar y Bisbal-Margalef realizan batidos largos (entre los 90 y 120 minutos) y calientan la pasta entre 26 y 32°C.
- b) La Serra d'Almos y la Vinícola mantienen constante el tiempo de batido y calientan la pasta entre 28 y 35°C.
- c) Ulldemolins y Cabacés utilizan tiempos de batido medios, entre 75 y 95 minutos, trabajando a temperatura muy baja (ambiente en el caso de Ulldemolins y entre 26 y 30°C en Cabacés).
- d) Masroig realiza siempre un batido corto, inferior a 75 minutos, calentando la pasta entre 28 y 30°C.

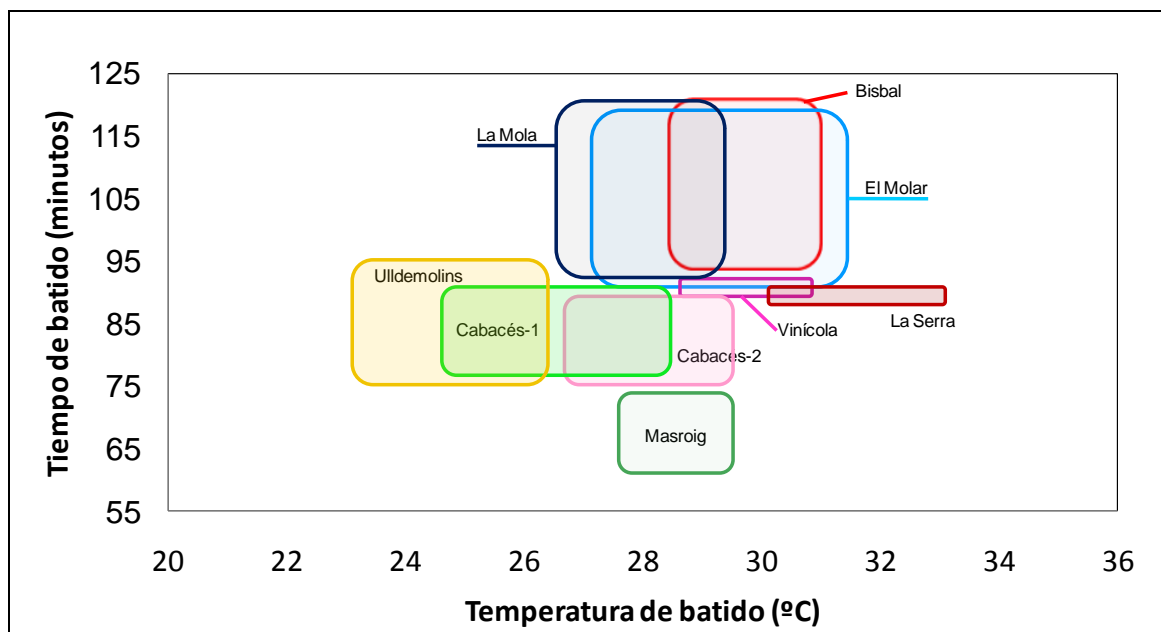


Figura 14.- Temperatura y tiempo de batido más frecuentemente utilizados en cada almazara. Los rectángulos se forman a partir de los cuartiles del 25% y del 75% de cada parámetro. (Cabacés-1 y 2 hace referencia a las dos líneas de extracción de dicha almazara).

Los batidos a temperatura elevada y tiempo largo favorecen la disminución de la concentración de polifenoles en el aceite obtenido. En estas condiciones, los fenoles hidrofílicos tienden a pasar a la fracción acuosa, mientras que se acentúan las reacciones oxidativas catalizadas por enzimas (polifenoloxidasas, peroxidasas y oxidoreductasas), todo lo cual conlleva una reducción de los compuestos secoiridoides-aglicona, así como de los alcoholes fenólicos (Montedoro et al., 2007). En este sentido, son muy ilustrativos los trabajos de Rodis et al. (2002) y Artajo et al. (2006b y 2007), que analizan la partición de los diferentes compuestos fenólicos entre las diferentes fases que componen la masa de aceituna molida, durante el proceso extractivo y en relación a las condiciones del mismo.

Sin embargo, nuestros resultados coinciden sólo parcialmente con lo expuesto, observándose una correlación negativa (Tabla 57), aunque reducida, entre tiempo de batido y contenido total de polifenoles ($r = -0,17$) pero una elevada correlación positiva entre la temperatura de batido y el contenido en polifenoles ($r = 0,73$); una posible explicación sería la propuesta por Amirante et al. (2001), que sugieren un aumento de polifenoles con la temperatura de batido, en el rango 27-32°C (bastante parecido al observado en el grupo de almazaras del Priorat), y una clara disminución a partir de los 35°C. Resultados parecidos obtienen Ranalli et al. (2001b y 2005) con las variedades

‘Leccino’, ‘Dritta’ y ‘Carolea’, observando un aumento de polifenoles en el rango 20-30°C y una disminución a partir de esta temperatura.

Por otra parte, nuestros datos (Tabla 65) indican una clara pérdida de frutado en las almazaras que realizan batidos más largos ($r = -0,82$).

La Figura 15 presenta el **ritmo de inyección al decánter** en relación al tiempo de batido de cada almazara, considerando el intervalo intercuartil de los valores observados. Se puede apreciar que cada almazara sigue unos patrones de proceso sensiblemente diferentes, aunque es posible establecer los siguientes grupos, en función del ritmo de inyección:

- a) El Molar, Vinícola, La Serra y Cabacés, trabajan a ritmos elevados, entre el 75 y el 90% de la capacidad teórica del decánter.
- b) Ulldemolins y Masroig suelen trabajar al 60 o 70% de capacidad.
- c) La Mola suele trabajar a ritmos inferiores al 70%, aunque con grandes variaciones.
- d) La Bisbal-Margalef siempre trabajan a un ritmo muy bajo, cercano al 50%.

Evidentemente, las almazaras que trabajan a un menor ritmo de inyección se ven obligadas a aumentar los tiempos de batido, excepción hecha de El Molar que, a causa de la pequeña capacidad del decánter se ven obligados a trabajar a mayores ritmos y con tiempos de batido elevados para facilitar la preparación de la masa, aunque realmente su eficiencia extractiva es muy baja.

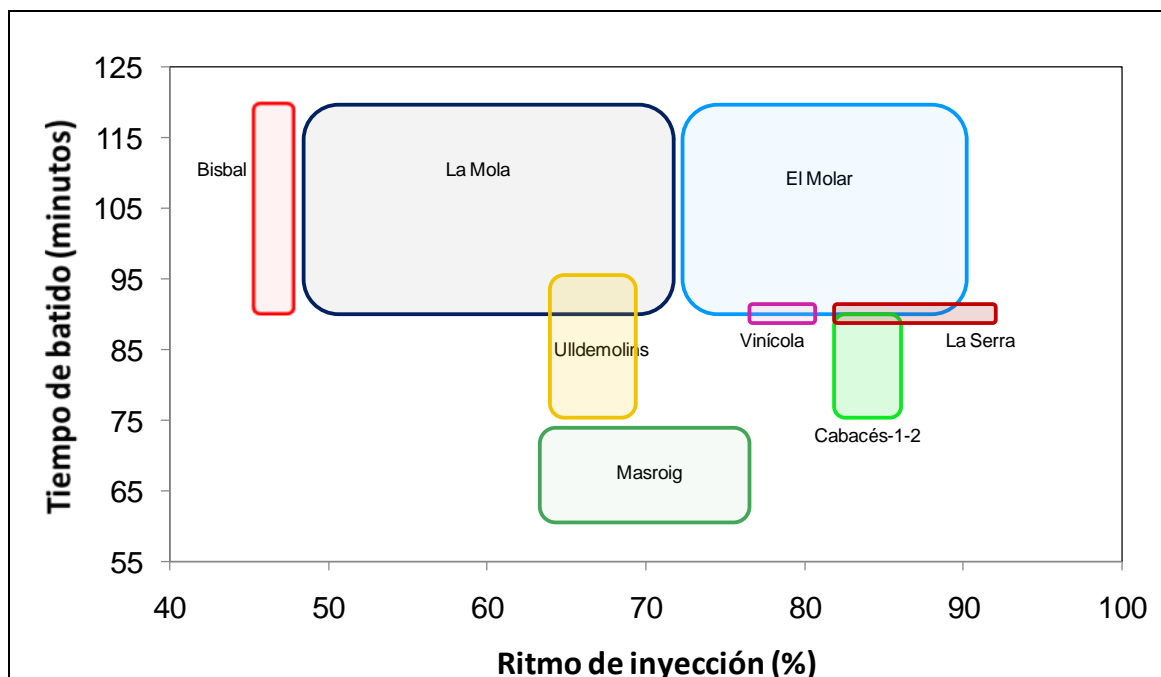


Figura 15.- Ritmo de inyección de masa al decánter y tiempo de batido más frecuentemente utilizados en cada almazara. Los rectángulos se forman a partir de los cuartiles del 25% y del 75% de cada parámetro.

Con respecto al **grado de molturación**, el 95% de las observaciones realizadas ha dado como resultado el uso de la criba de 5 mm, siendo, por lo tanto, una regulación poco aplicada. Sólo en el caso de Ulldemolins se cambia la criba en función de las características de las aceitunas; en efecto, en esta cooperativa sólo el 55% de las observaciones corresponden a la criba de 5 mm, repartiéndose el resto entre 4,5 mm, 5,5 mm y 6 mm.

Aunque todas las almazaras trabajan en 2 fases, se inyecta una cierta proporción de **agua** al decánter, que oscila entre un 5% y un 15%. Sólo La Mola trabaja la mitad de los días sin adición de agua.

La **chapa de salida del aceite del decánter** es un elemento importante de regulación que se va seleccionando en función del tipo de aceituna a procesar, del ritmo de inyección de masa y de la proporción de agua añadida al decánter. Evidentemente, las medidas posibles de las chapas dependen del tamaño de cada decánter; así, las almazaras de La Serra, Masroig, Cabacés, El Molar, Ulldemolins y La Vinícola disponen de chapas que van de los 98 a los 102 mm; mientras que Bisbal-Margalef y La Mola utilizan chapas entre 128 mm y 138 mm (en todos los tipos de decánter considerados la numeración de la chapa indica la distancia con respecto al eje de giro del equipo). Aunque dicha regulación afecta poco a la calidad del aceite, a nivel de

caracterizar las condiciones más usuales de trabajo en cada almazara podemos indicar lo siguiente:

- a) La Serra d'Almos siempre utiliza la misma chapa (99 mm).
- b) Cabacés, El Molar y Masroig utilizan diversas chapas, entre 99 mm y 101 mm, con preferencia por las más altas.
- c) La Vinícola también utiliza varias chapas (98-101 mm), pero con preferencia por las menores.
- d) Ulldemolins también varía las chapas (entre 98-101 mm), aunque preferentemente utiliza chapas bajas (98 mm en el 67% de los casos), ya que suele procesar aceitunas con mucho aceite y adiciona bastante agua.
- e) La Mola utiliza diversas chapas entre 128 y 134 mm, con preferencia por las menores.
- f) Bisbal-Margalef utiliza todas las chapas disponibles entre 132 y 138 mm, sin ninguna preferencia, ya que la manejan como una regulación del sistema y eligen la chapa según las características de la masa.

5.5. Caracterización de las aceitunas como materia prima

A lo largo de cada campaña se han tomado muestras de frutos de cada almazara, justo a la salida de las tolvas de almacenamiento, antes de entrar al molino. Dichas muestras se analizaban en el laboratorio de Mas de Bover, según lo previsto en la metodología, considerando aspectos como el peso medio del fruto, la relación pulpa/hueso, el contenido en aceite, su humedad y materias volátiles, el índice de madurez, la relación de variedades y el estado sanitario del fruto. A continuación se analizan los resultados a nivel de distribución de frecuencias de los distintos parámetros.

Los datos indican que cada almazara procesa un tipo de frutos diferentes del resto. Las diferencias se basan en la proporción de la variedad dominante en la zona ('Arbequina'), en el grado de maduración de los frutos, en el contenido en aceite, así como en la proporción de frutos con alteraciones.

5.5.1. Variedades

La presencia de diferentes variedades condiciona el tamaño del fruto (peso medio del fruto y del hueso), pero ningún otro parámetro analizado tiene relación con el mismo. En efecto, mientras que el coeficiente de correlación entre la proporción de aceitunas de

la variedad 'Arbequina' presentes en las muestras y el peso medio del fruto es muy elevada ($r = -0,829$), al igual que respecto del peso medio del hueso ($r = -0,775$); sin embargo, el resto de correlaciones no superan el valor $r = +/-0,5$ (y en ningún caso son estadísticamente significativas).

La variedad mayoritaria es 'Arbequina', como ya se ha visto en un capítulo anterior (Tabla 9 capítulo 5.1), que representa más del 90% en todas las almazaras consideradas, excepción hecha del Molar, donde representa el 84% de media y La Serra-Guiamets, donde supone el 74% del total de aceitunas de cada lote (media de 41 muestras estudiadas). La Figura 16 muestra los intervalos intercuartiles de las variables peso medio del fruto y proporción de variedad 'Arbequina' presente en la muestra analizada; es posible observar la correlación inversa descrita anteriormente, así como el hecho de que La Serra-Guiamets presenta una tipología de aceitunas claramente diferente del resto de almazaras, con una menor proporción de la variedad base, lo que se traduce en unos frutos de mayor peso; algo similar, aunque en menor escala, sucede en El Molar; mientras que en Ulldemolins, a pesar de trabajar casi exclusivamente con 'Arbequina', los frutos suelen ser de menor peso, posiblemente debido a las condiciones más extremas de suelo y clima, o bien por el hecho de que los agricultores de esta cooperativa cosechan tarde, cuando el fruto está más maduro, con el factor añadido de que en esta zona existe un claro riesgo de heladas que pueden afectar al fruto, promoviendo su deshidratación. El resto de almazaras procesa frutos muy similares entre sí.

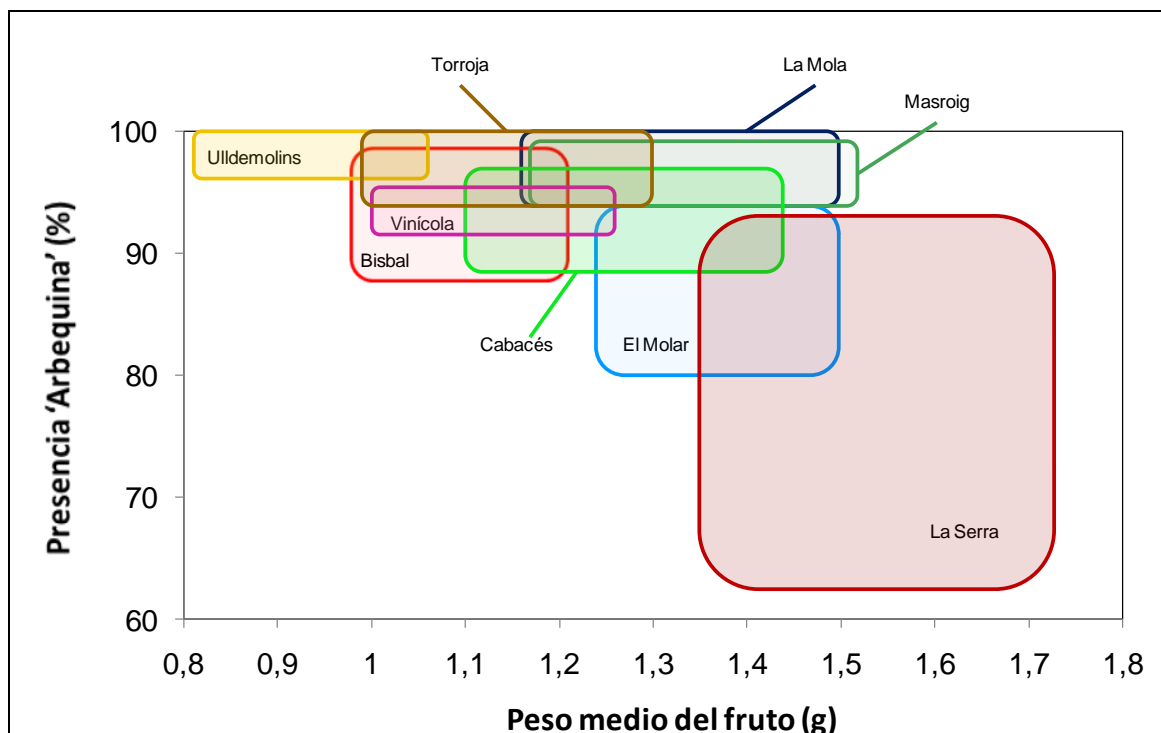


Figura 16.- Peso medio del fruto y proporción de la variedad 'Arbequina' más frecuentemente utilizados en cada almazara. Los rectángulos se forman a partir de los cuartiles del 25% y del 75% de cada parámetro.

5.5.2. Índice de madurez y contenido de aceite

Con respecto al índice de madurez y el contenido de aceite en las aceitunas (Figura 17), se puede observar las diferentes tipologías de frutos procesadas en el Priorat, con índices de maduración que van del 1,8 al 3,8 y rendimientos entre 45 y 57%. Ello forma parte de las peculiaridades de la variedad 'Arbequina', que suele presentar problemas de maduración (Romero-Aroca et al., 2002).

A pesar de ello, es posible observar cierta diferenciación entre los niveles de maduración-rendimiento de los frutos procesados por las diferentes almazaras. Así, Ulldemolins, Torroja y La Serra-Guiamets suelen procesar aceitunas ligeramente más maduras, con valores de índice de madurez entre 2,5 y 4, mientras que el resto de almazaras difícilmente alcanza el índice 3. Por otra parte, La Bisbal es la almazara que suele procesar aceitunas con un mayor contenido en aceite, normalmente superior al 50% sms, mientras que la Vinícola, La Mola, Masroig y Ulldemolins trabajan con frutos usualmente por debajo de dicho valor; finalmente, Torroja es la almazara que procesa aceitunas que presentan mayor diversidad en estos dos parámetros.

En su conjunto, los rangos de valores de maduración y contenido de aceite observados en La Bisbal, Cabacés, La Mola y La Vinícola coinciden bastante con los indicados por Romero-Aroca et al. (2002) para la variedad ‘Arbequina’ en Tarragona, para un momento oportuno de la cosecha, proponiendo valores de maduración entre 2-3 con niveles de contenido en aceite (sobre seco) entre 42 y 54%. Mientras que Torroja y Ulldemolins presentan valores de maduración más elevados, lo que sugiere que sus agricultores tienden a retrasar la cosecha con el fin de incrementar el rendimiento en aceite.

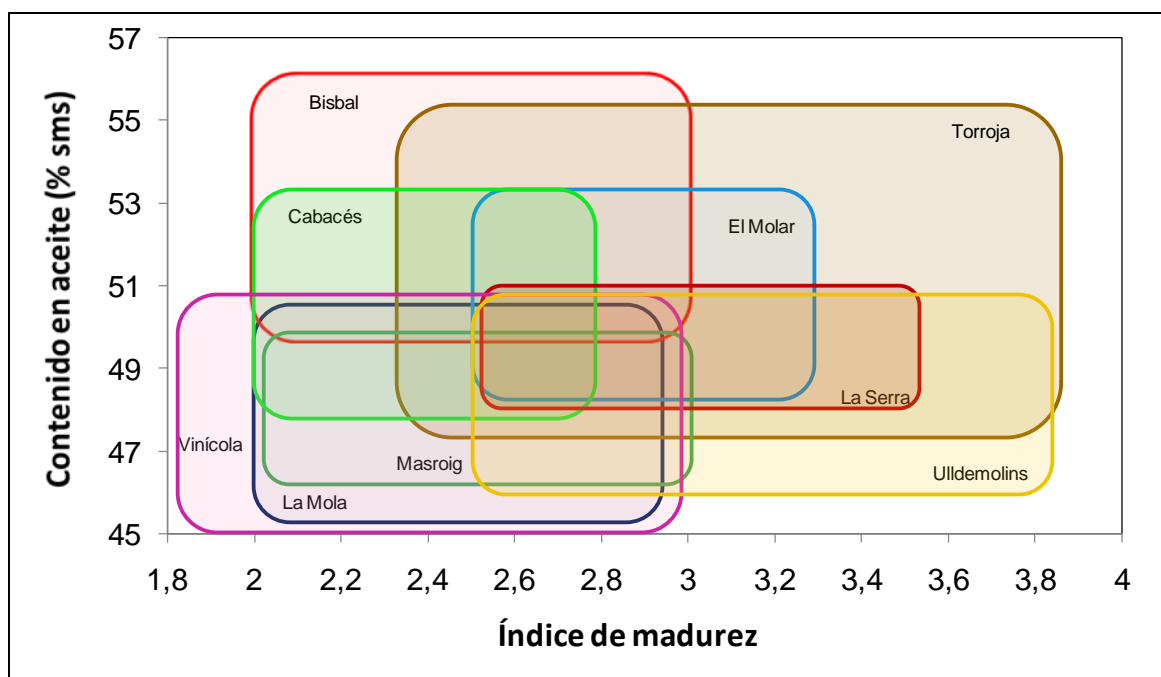


Figura 17.- Índice de madurez y contenido en aceite medio del fruto más frecuentes en cada almazara. Los rectángulos se forman a partir de los cuartiles del 25% y del 75% de cada parámetro.

5.5.3. Estado sanitario y alteraciones

Cuando se evalúa el estado sanitario de las aceitunas procesadas por cada almazara (Figura 18) se hace evidente que la zona del Priorat presenta un elevado riesgo de producir frutos que llegan al molino en malas condiciones; en efecto, el intervalo intercuartil observado para la proporción de frutos sanos en las muestras, a la salida de las tolvas de almacenamiento, abarca del 5% al 70% en Cabacés, La Mola, Torroja y Masroig, y del 5% al 40% en el caso de Ulldemolins, Bisbal-Margalef y La Vinícola, quedando La Serra-Guiamets y El Molar en una situación intermedia.

Por otra parte, todas las almazaras tienen el riesgo de recibir aceitunas heladas, principalmente a partir de mitad de campaña (diciembre), aunque dicho riesgo parece mayor en Ulldemolins, La Bisbal-Margalef y el Masroig, mientras que es mucho más reducido en El Molar. Los frutos afectados por heladas presentan cambios importantes en las características de sus aceites, a nivel del contenido en clorofilas y carotenos, un menor contenido en polifenoles, que se traduce en una menor estabilidad oxidativa, menor amargor y mayor dulzor (Morelló et a., 2003).

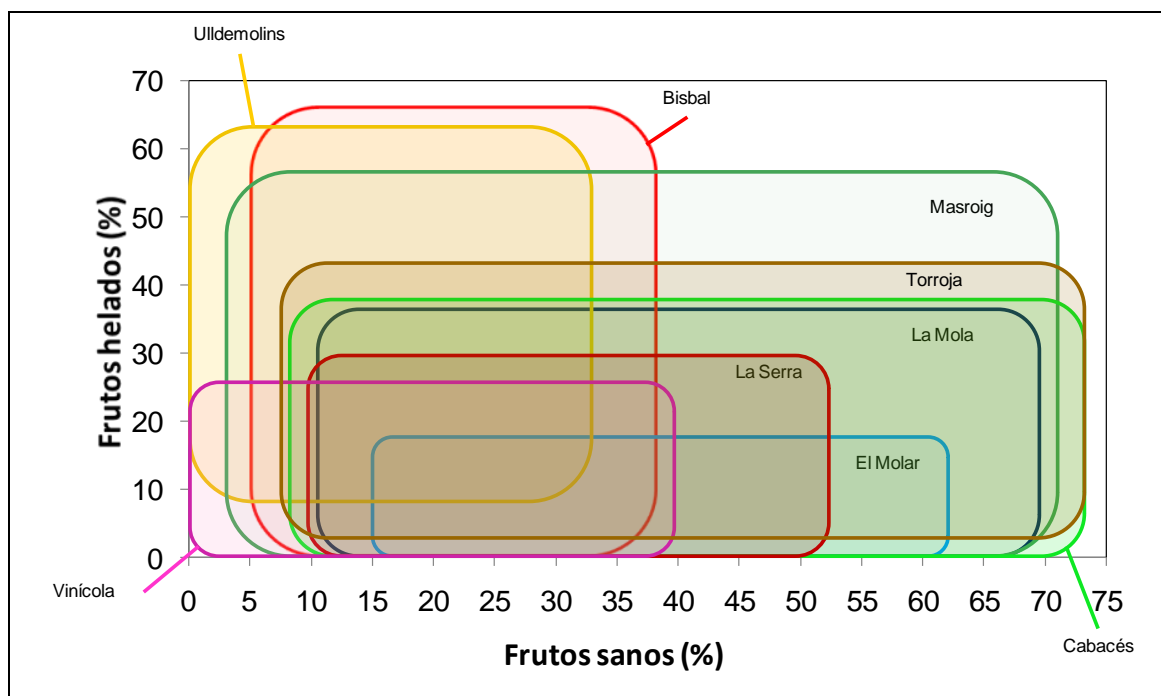


Figura 18.- Estado sanitario de los frutos más frecuentes en cada almazara. Los rectángulos se forman a partir de los cuartiles del 25% y del 75% de cada parámetro.

Sin embargo, no todos los frutos estropeados lo son por efecto de las heladas invernales, si no que también son frecuentes los problemas de alteraciones microbianas debidas a una mala manipulación de los frutos en cosecha y postcosecha; en efecto, a nivel global del Priorat, la mayor parte de muestras de aceitunas analizadas presentó entre un 18% y un 60% de frutos con impactos susceptibles de inducir fermentaciones.

En cualquier caso, se constata que a mayor proporción de frutos sanos, mayor es la puntuación media obtenida por los aceites de las almazaras, como puede apreciarse en la Figura 19. Sin embargo, en la misma gráfica se puede apreciar que algunas almazaras se desvían de dicho comportamiento teórico, normalmente debido a problemas en el proceso de elaboración:

- La almazara de Torroja sufre graves pérdidas de calidad en los aceites elaborados, asociadas al manejo del proceso de extracción con prensa tradicional.
- La almazara de La Mola también suele sufrir problemas debido al mal comportamiento de las batidoras, como ya se ha comentado en un apartado anterior.
- Finalmente, la almazara de El Molar, debido a la pequeña capacidad del decánter, también sufre pérdidas de calidad asociadas tanto al almacenamiento excesivo de frutos en las tolvas, como a una separación insuficiente de las fases líquidas.

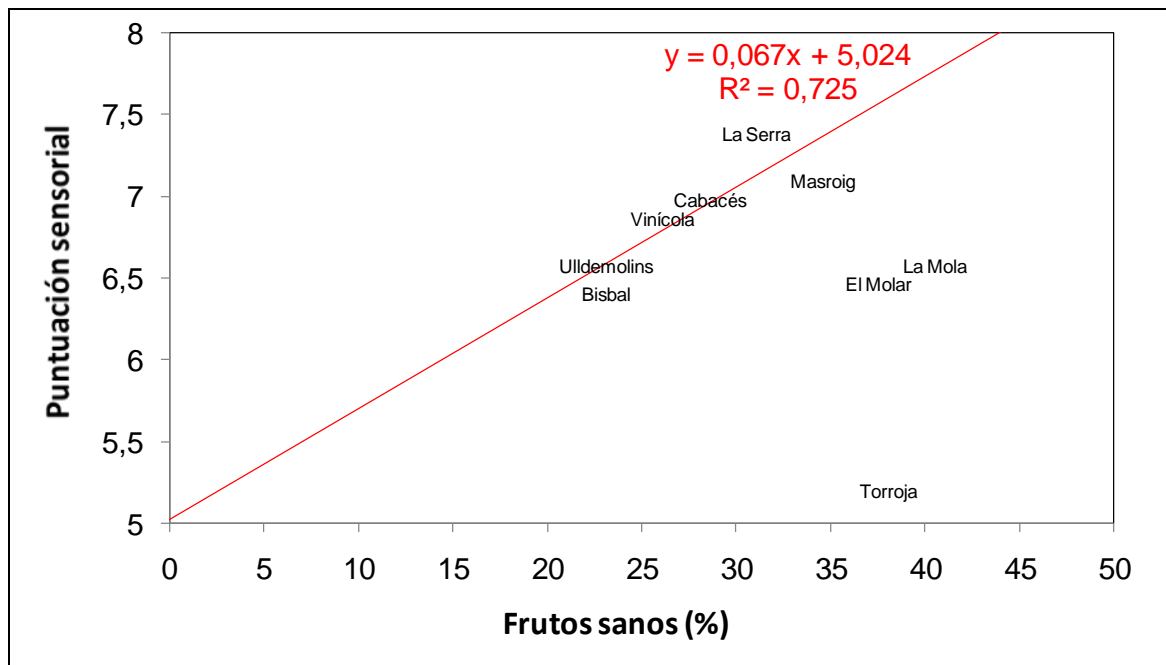


Figura 19.- Relación entre la proporción de frutos sanos presentes al inicio del proceso extractivo y la puntuación sensorial media de los aceites de cada almazara. La recta interpolada no incluye los datos de La Mola, El Molar ni Torroja, ya que dichas almazaras deberían presentar una mayor puntuación sensorial en relación al elevado porcentaje de frutos sanos que presentan, sin embargo, existen otros motivos que justifican dicha desviación respecto del modelo lineal calculado.

Por otra parte, dicho gráfico también permite establecer un cierto nivel umbral de frutos sanos en una partida, por debajo del cual son previsibles pérdidas significativamente graves de calidad sensorial en los aceites. En efecto, los datos medios sugieren que dicho umbral podría situarse alrededor del 25% de frutos sanos (Figura 19), aunque es evidente que también deben considerarse el tipo y gravedad de las alteraciones presentes en el resto de aceitunas, así como otros factores del proceso extractivo. Estos aspectos se discuten con más detalle en el siguiente apartado de calidad de los aceites, cuando se

analiza la relación existente entre las características de los frutos en recepción y la calidad del aceite elaborado.

También, la misma figura permite suponer que las almazaras de Torroja, El Molar y La Mola pueden aspirar a producir aceites de mucha mayor calidad organoléptica si mejoran sus procesos productivos, ya que la calidad de los frutos que producen sus agricultores es suficientemente elevada.

5.5.4. Fuentes de contaminación microbiana

La evidente existencia de problemas de calidad en las aceitunas de algunas almazaras, indujo a establecer algunos estudios encaminados a evaluar el nivel de contaminación microbiana de las aceitunas procesadas, así como de sus posibles efectos.

Estos trabajos se realizaron en colaboración con la Facultad de Farmacia de la Universidad de Barcelona y con el Laboratorio de espectrometría de masas del IDAEA-CSIC de Barcelona y dieron lugar a algunas publicaciones (Vichi et al., 2011).

Los estudios se estructuraron en dos experimentos:

- Seguimiento del nivel de contaminación microbiana sobre frutos en diferentes zonas del patio de recepción de la cooperativa, en diferentes momentos de la campaña.
- Estudio del efecto del agua de lavado de aceitunas sobre su nivel de contaminación microbiana y las características del aceite.

5.5.4.1. Contaminación microbiana en diferentes zonas del patio de recepción de frutos de la cooperativa

Este primer grupo de trabajos se realizó en la cooperativa de Cabacés, en tres momentos diferentes de la campaña y durante dos campañas sucesivas (2008-09 y 2009-10).

Se analizaron frutos en tres puntos diferentes del patio, siguiendo la metodología detallada en material y métodos: (1) recepción-descarga (“patio”), (2) salida de la pesadora de frutos (“báscula”) y (3) salida de la tolva de almacenamiento (“tolva”).

Estos trabajos, todavía en fase de publicación, demostraron que los frutos llegan del campo con un cierto nivel de contaminación microbiana, esperable por tratarse de una producción agraria y de acuerdo con los estudios de Angerosa et al. (1998). Además, se

constató que el nivel inicial de contaminación aumenta significativamente en las diferentes zonas del patio, especialmente a la salida de la pesadora de frutos, manteniéndose elevada en la tolva de almacenamiento (Figura 20). Un ensayo posterior, que se comenta en el siguiente apartado, demostró que la operación de lavado de frutos, que en esta cooperativa como en muchas otras tiene lugar entre la recepción y la pesadora, es la principal responsable de dicho incremento de la carga microbiana sobre los frutos, por el hecho de que se utiliza agua en circuito cerrado, que va contaminándose con las horas de trabajo.

Paralelamente, se observa una clara disminución de la proporción de frutos sanos y sin alteraciones, desde su entrada hasta la salida de la tolva de almacenamiento y entrada en el molino triturador.

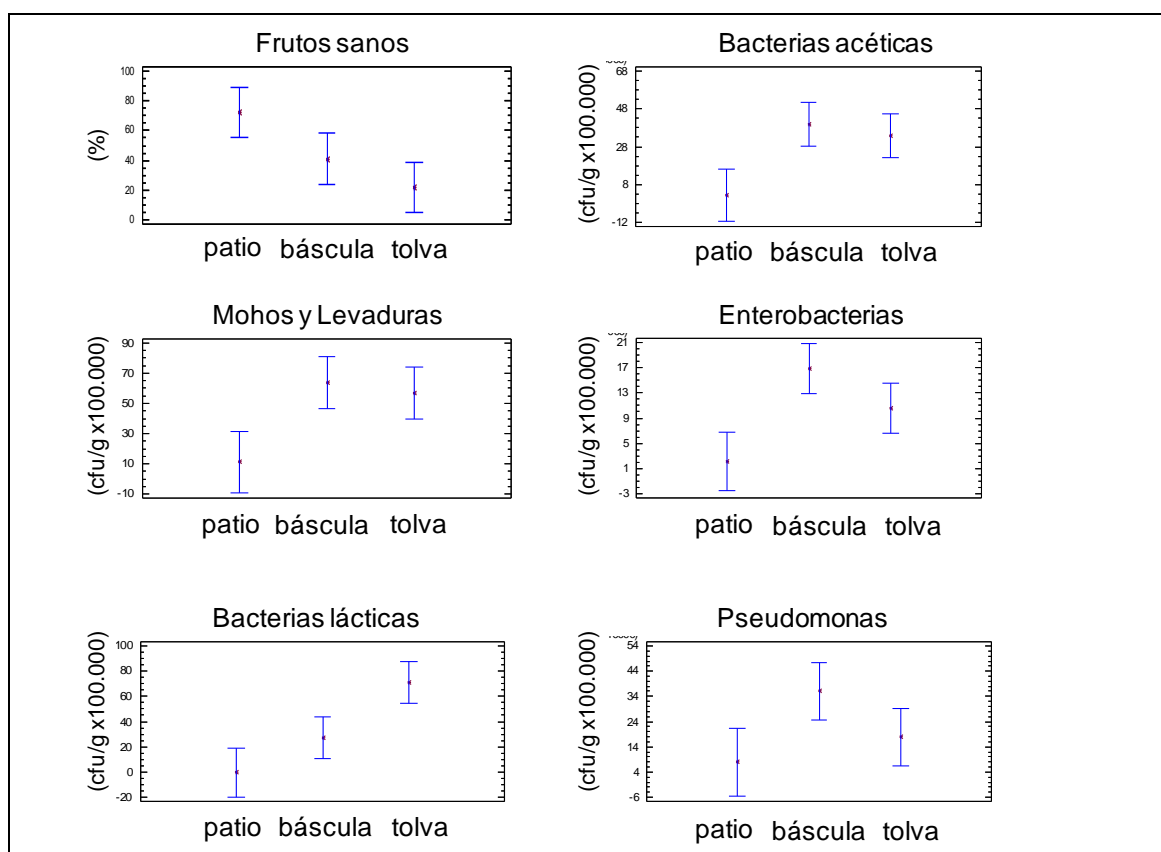


Figura 20.- Carga microbiológica sobre frutos en tres zonas de la recepción de la almazara de Cabacés: entrada del patio, salida de báscula y salida de tolva (media cosechas 2008-09 y 2009-10; las barras indican el intervalo de confianza del 95%).

Los estudios del aceite obtenido en cada punto de muestreo indican una clara pérdida de calidad. Aunque no aparecen defectos sensoriales estadísticamente significativos, sí que se observa una disminución de los atributos aromáticos frutado y verde, así como de los

relacionados con polifenoles (amargo y picante) y, en contraposición, un incremento de la sensación de dulzor, así como de las notas aromáticas de frutas maduras (Figura 21).

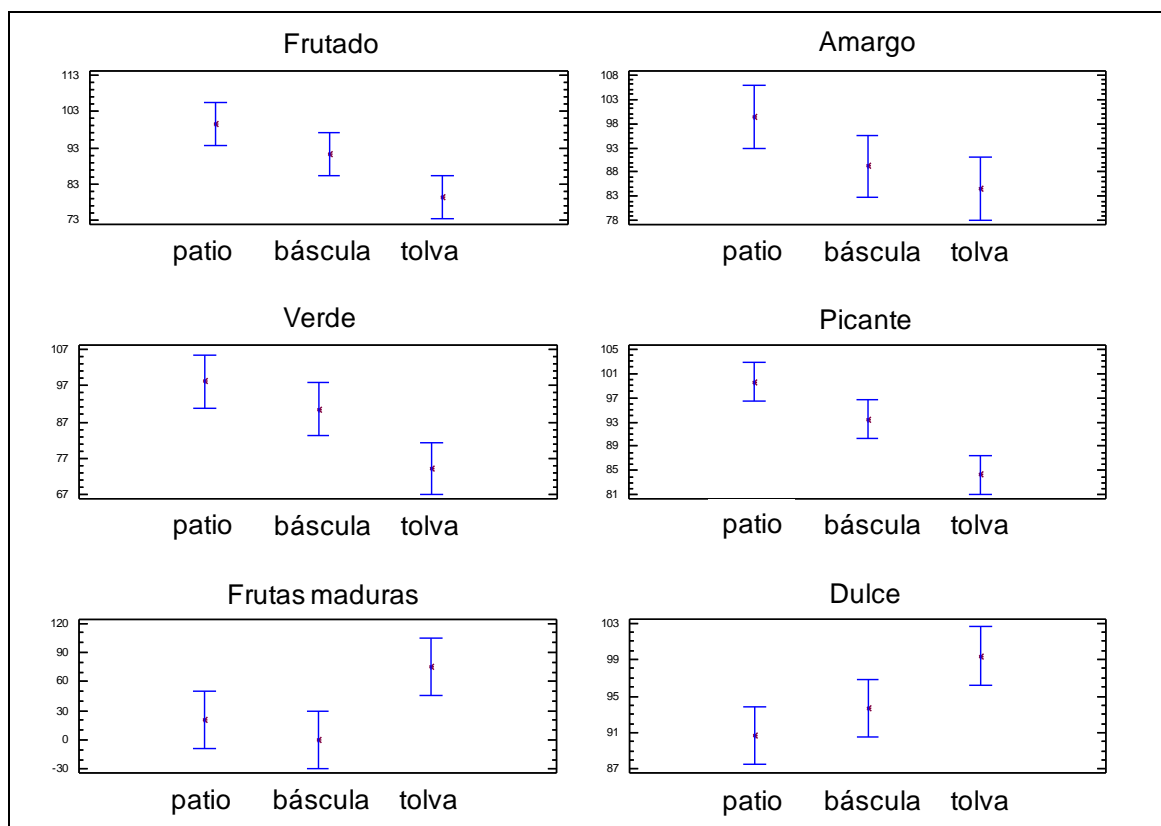


Figura 21.- Atributos sensoriales positivos del aceite extraído de frutos muestreados en tres zonas de la recepción de la almazara de Cabacés: entrada del patio, salida de báscula y salida de tolva (media cosechas 2008-09 y 2009-10; valores normalizados; las barras indican el intervalo de confianza del 95%).

Las citadas variaciones en el perfil aromático coinciden con los datos de compuestos volátiles C6 obtenidos (Figura 22), donde se observa una disminución de las formas aldehídicas, a favor de un incremento de los alcoholes y acetatos, relacionados con una actividad enzimática prolongada, aunque sin desarrollar aromas defectuosos. Estos resultados coinciden con lo observado por Angerosa et al. (2000b).

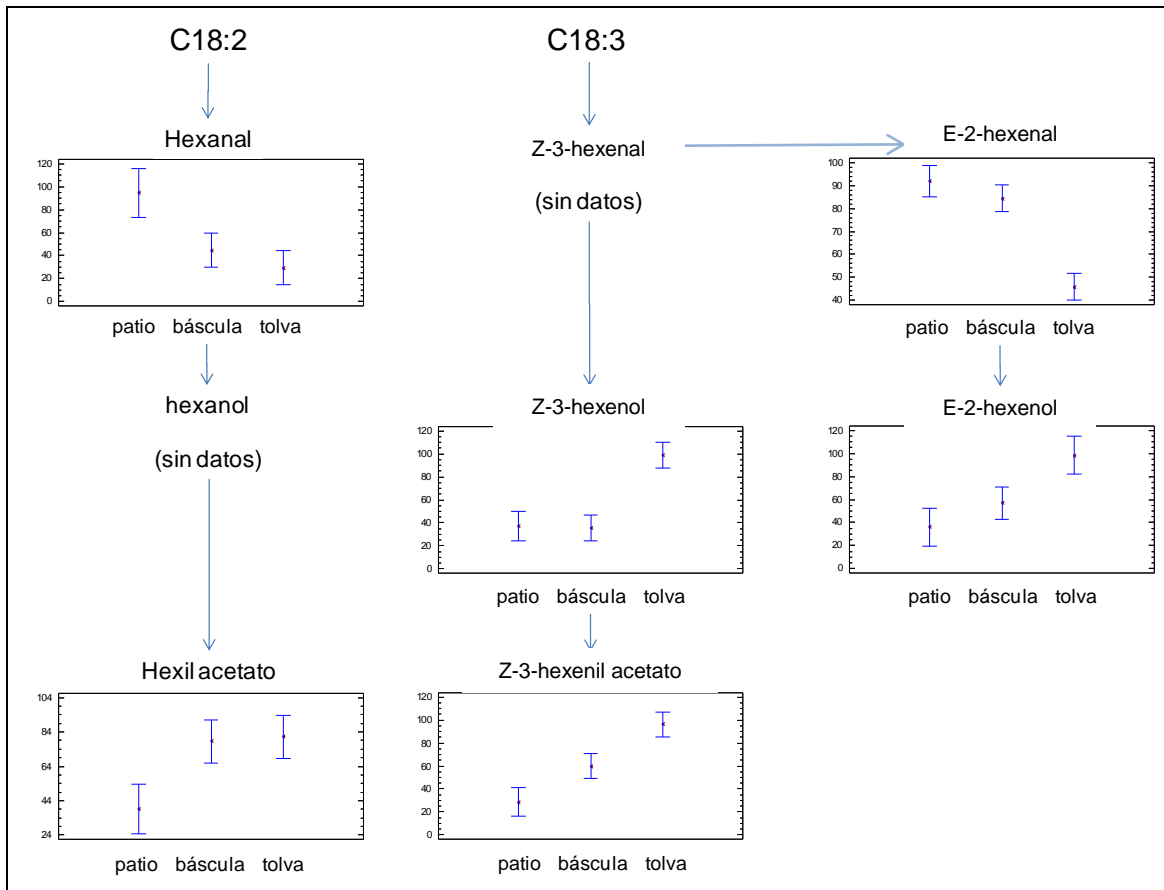


Figura 22.- Compuestos volátiles C6 de la vía de la Lipoxigenasa, del aceite extraído de frutos muestreados en tres zonas de la recepción de la almazara de Cabacés: entrada del patio, salida de báscula y salida de tolva (media cosechas 2008-09 y 2009-10; valores normalizados; las barras indican el intervalo de confianza del 95%).

Finalmente, también se detectaron compuestos volátiles derivados de procesos fermentativos (etanol y acetato de isoamilo, entre otros), que indican un efecto negativo de los microorganismos sobre los frutos (Figura 23)

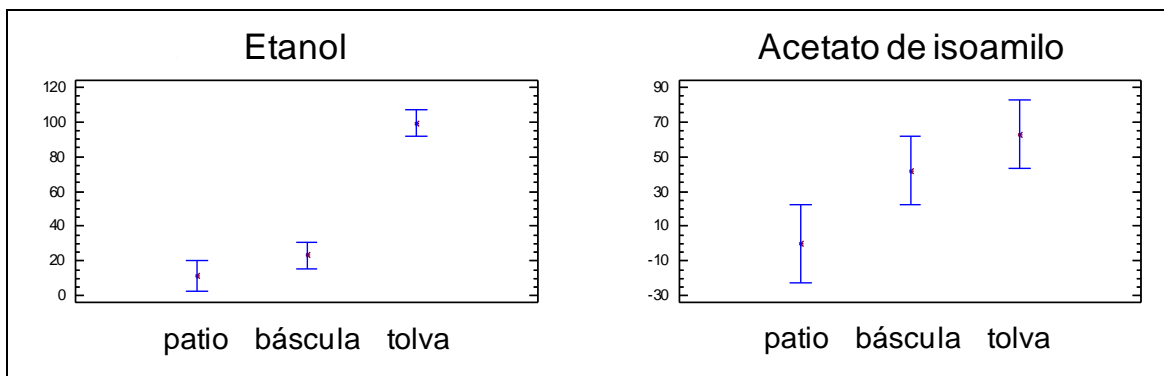


Figura 23.- Compuestos volátiles de origen fermentativo, del aceite extraído de frutos muestreados en tres zonas de la recepción de la almazara de Cabacés: entrada del patio, salida de báscula y salida de tolva (media cosechas 2008-09 y 2009-10; valores normalizados; las barras indican el intervalo de confianza del 95%).

5.5.4.2. *Efecto del agua de lavado de frutos sobre el nivel de contaminación microbiana y sobre las características del aceite*

Estos estudios se realizaron en la planta piloto de elaboración de aceites del IRTA-Mas de Bover, en la campaña 2009-10. La metodología, que se detalla en material y métodos, consistía en lavar un lote de aceitunas de la variedad ‘Arbequina’ con agua de lavadora de una cooperativa (después de un turno de trabajo) y procesarlas en ABENCOR con dos temperaturas (27 y 35°C) y tiempos de batido (30’ y 60’).

Los resultados de la prueba de lavado demuestran (Vichi et al., 2011) que el agua procedente de una lavadora convencional de frutos, tras unas horas de utilización en el proceso normal de una cooperativa, induce la contaminación microbiana de los frutos (Tabla 35).

Tabla 35.- Nivel de contaminación microbiana (cfu/g) en la superficie de frutos lavados con agua bidestilada o con agua de lavado convencional de cooperativa (valores medios de tres réplicas).

Tipo de agua	Microorganismos detectados en la superficie de los frutos (cfu/g)				
	Pseudomonas	Enterobacterias	Bacterias lácticas	Mohos y Levaduras	Bacterias acéticas
Bidestilada	<30	<30	795	2.880	270
De lavadora	9.825	40.725	50.325	104.250	1.380.000

El análisis de las características de los aceites obtenidos en ABENCOR indican diferencias significativas, en función del tipo de agua utilizada (Tabla 36). En efecto, los aceites obtenidos a partir de frutos con mayor carga microbiana presentan variaciones de color (tonos pardos, relacionados con la formación de feofitinas por oxidación de clorofilas), notas sensoriales de tipo maduro, así como un mayor contenido de compuestos volátiles procedentes de la vía de la lipoxigenasa (LOX) y de compuestos volátiles derivados de procesos fermentativos. Todo ello indica que una parte de los microorganismos (posiblemente un grupo de levaduras) mantiene una cierta actividad enzimática durante el proceso de batido, dando lugar a reacciones químicas, algunas de las cuales tienen efectos negativos sobre el aceite.

Tabla 36.- Efecto del lavado de frutos con agua limpia (bidestilada) o de lavadora. Características de los aceites obtenidos a 27°C y 60 minutos de batido (valores medios de dos réplicas).

Parámetro	agua bidestilada	agua de lavadora
Parámetros químicos:		
I. acidez (% ác. oleico)	0,10 a	0,30 a
K ₂₃₂	1,67 a	1,75 a
K ₂₇₀	0,11 a	0,10 a
Color CIELAB:		
a*	-14,6 b	-9,4 a
b*	89,8 a	68,5 b
L*	87,1 a	83,1 a
Atributos sensoriales ^z :		
<i>Frutado</i>	6,3 a	5,9 a
<i>Amargo</i>	4,6 a	4,2 a
<i>Picante</i>	4,9 a	5,0 a
<i>Astringente</i>	2,6 a	2,5 a
<i>Verde hierba</i>	4,1 a	3,7 b
<i>Frutado maduro</i> ^y (%)	18 b	44 a
<i>Frutado verde</i> ^y (%)	100 a	94 a
Compuestos volátiles LOX (mg/kg):		
Suma LOX del C18:2	1,4 b	2,1 a
Suma LOX del C18:3	7,3 b	9,9 a
LOX C6 Ald/LOX C6 Alc ^x	6,0 b	6,9 a
Compuestos volátiles fermentativos(mg/kg):		
Nonanal	0,18 b	0,23 a
Ácido hexanoico	0,17 b	0,21 a
Alcohol isoamílico	0,10 b	0,14 a
Acetato de isoamilo	0,02 b	0,03 a

^z: intensidad expresada sobre escala de 10 cm; ^y: % de catadores que perciben el atributo; ^x: relación de compuestos volátiles C6 de la vía enzimática de la lipoxigenasa, de naturaleza aldehídica y alcohólica.

Estos resultados, junto con los obtenidos en el anterior grupo de ensayos, demuestran que los frutos almacenados en las tolvas pueden tener un elevado nivel de contaminación microbiana, previamente inducida por el lavado de las aceitunas con agua demasiado reutilizada. Cabe suponer que dichos microorganismos puedan afectar la calidad de los frutos, especialmente aquellos que llegan rotos a las cooperativas, en los que se facilita el acceso de los microorganismos a los nutrientes del tejido celular de la pulpa de las aceitunas, lo cual puede inducir defectos sensoriales y alteraciones químicas detectables en el análisis posterior de los aceites obtenidos.

5.5.5. Características del fruto determinantes de la calidad del aceite

La especial estructura de los datos del presente proyecto de tesis, permite analizar la relación existente entre características cualitativas de las aceitunas entradas a lo largo de las diferentes campañas, en cada almazara, y la calidad sensorial y química del aceite obtenido a partir de las mismas.

La metodología seguida se detalla en material y métodos y consistió en agrupar en una sola matriz de datos toda la información disponible sobre las características medias de los frutos utilizados para formar cada depósito de aceite, así como los resultados analíticos del mismo.

El análisis de los resultados demuestra claramente la relación existente entre ambos grupos de variables (características de las aceitunas y calidad del aceite), que presentan una elevada correlación canónica ($r = 0,850$), estadísticamente significativa ($P = 0,0005$), como se puede apreciar en la Figura 24.

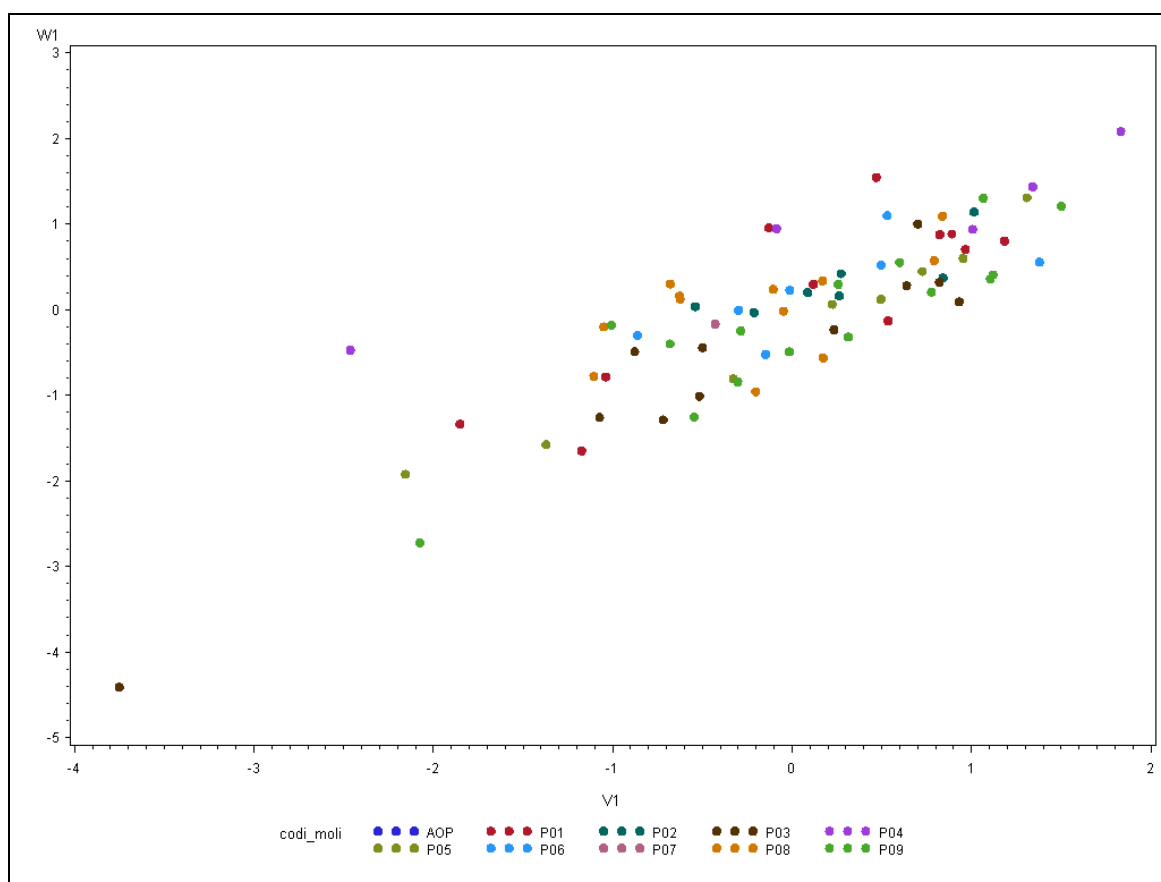


Figura 24.- Representación gráfica de la correlación ($r = 0,850$) entre las variables canónicas explicativa V_1 (relacionada con características de las aceitunas) y la explicada W_1 (relacionada con las características cualitativas del aceite). Cada punto representa un depósito de aceite analizado y los códigos de colores indican la almazara.

La variable canónica explicativa, que podemos denominar V_1 , presenta una elevada correlación positiva (Tabla 37) con la humedad del fruto y la proporción de frutos visualmente sanos, así como en menor medida con los pesos del fruto y del hueso; mientras que la proporción de frutos fermentados, afectados por las heladas, con un exceso de maduración o con un exceso de rendimiento graso, presentan una elevada correlación negativa con dicha variable canónica.

Tabla 37 Coeficientes canónicos y de correlación entre las características de los frutos y la variable canónica explicativa V_1 . (Análisis de correlación canónica entre características de los frutos y del aceite).

Característica del fruto	Coeficientes canónicos estandarizados para la variable explicativa V_1	Coeficiente de correlación con la variable canónica explicativa V_1	Coeficiente de correlación con la variable canónica explicada W_1
Peso del fruto (g)	-0,5183	0,3750	0,3189
Peso del hueso (g)	0,2996	0,2030	0,1726
Índice de madurez (0-7)	0,0404	-0,3180	-0,2704
Humedad del fruto (%)	0,0013	0,6990	0,5944
Contenido en aceite del fruto (% smt)	-0,7185	-0,8642	-0,7348
Proporción de 'Arbequina' (%)	-0,2629	-0,2874	-0,2444
Frutos afectados de mosca del olivo (%)	0,1958	0,0074	0,0063
Frutos sanos (%)	0,1713	0,5494	0,4672
Frutos con golpes (%)	0,2546	-0,0867	-0,0737
Frutos fermentados (%)	-0,2193	-0,8111	-0,6897
Frutos rotos (%)	-0,0585	-0,0003	-0,0003
Frutos arrugados por el frío (%)	-0,2628	-0,7520	-0,6394

Por otra parte, la variable canónica explicada, que podemos denominar W_1 , correlaciona positivamente con todos los atributos sensoriales positivos (excepto el "dulce"), la complejidad aromática y la puntuación global del perfil; mientras que todos los defectos

sensoriales, así como los parámetros químicos de calidad (índices de acidez y de peróxidos y K_{232}), muestran una correlación negativa con dicha variable (Tabla 38).

Tabla 38.- Coeficientes canónicos y de correlación entre las características del aceite y la variable canónica explicativa W_1 . (Análisis de correlación canónica entre características de los frutos y del aceite).

Característica del aceite	Coeficientes canónicos estandarizados para la variable explicada W_1	Coeficiente de correlación con la variable canónica explicada W_1	Coeficiente de correlación con la variable canónica explicativa V_1
Atributos sensoriales^z			
<i>Frutado</i>	0,6148	0,8031	0,6829
<i>Manzana</i>	-0,0137	0,4662	0,3964
<i>Frutas maduras</i>	0,2965	0,5960	0,5068
<i>Verde</i>	0,2255	0,7522	0,6396
<i>Amargo</i>	-0,1361	0,5477	0,4657
<i>Picante</i>	-0,1303	0,4918	0,4182
<i>Dulce</i>	0,3903	-0,0132	-0,0112
<i>Astringente</i>	0,3457	0,5734	0,4876
<i>Otros atributos positivos</i>	0,0110	0,6631	0,5638
<i>Avinado</i>	-0,0066	-0,4289	-0,3647
<i>Moho</i>	0,0753	-0,3002	-0,2552
<i>Borras</i>	0,0000	0,0000	0,0000
<i>Atrojado</i>	-0,2732	-0,5091	-0,4329
<i>Rancio</i>	0,0000	0,0000	0,0000
<i>Otros defectos</i>	-0,1087	-0,6494	-0,5522
Puntuación ^y	0,0675	0,7926	0,6739
Complejidad ^x	0,0235	0,5810	0,4940
Valor comercial ^w	-0,3286	0,6891	0,5859
Características químicas			
Índice de acidez (% ác.oleico)	0,3369	-0,0275	-0,0234
Índice de peróxidos (meq O_2 /kg)	-0,2554	-0,2350	-0,1999
K_{232}	-0,0358	-0,2207	-0,1877
K_{270}	0,1421	0,1075	0,0914

^z los atributos sensoriales se evalúan sobre una escala de 10cm; ^y puntuación equivalente UE2568/91 (0-9); ^x número de atributos aromáticos percibidos; ^w valoración deducida del perfil sensorial, (0-50) según Romero-Aroca et al. (2009)

En definitiva, el resultado del análisis canónico de correlación demuestra que cuando una partida de aceitunas, producidas en la zona estudiada, presenta una elevada proporción de aceitunas sanas, de buen tamaño y con un elevado contenido de humedad, pueden esperarse aceites de buena calidad sensorial y bajos valores de acidez y de parámetros oxidativos; mientras que si las aceitunas presentan una elevada proporción de fermentaciones o alteraciones, están sobremaduras o tienen un rendimiento en aceite excesivo, debido a un bajo contenido en humedad, son de esperar aceites con defectos sensoriales y valores de acidez y oxidación elevados.

Existen diferentes estudios publicados donde se establecen relaciones entre fruto y aceite parecidas (Angerosa et al., 1996a; Bianchi, 1999; Civantos, 1999; Hermoso et al., 2001; Carvalho et al., 2008; Vichi et. al., 2009; Rabiei et al., 2011; Ouni et al., 2011); sin embargo, la mayoría se centran en la comparación de diferentes tipos de aceituna (suelo/vuelo, nivel de ataque de mosca del olivo o de aceitunas jabonosas, días de permanencia en el suelo, tiempo de almacenamiento...) que suelen procesarse en planta piloto. No se ha encontrado ningún trabajo publicado que defina modelos matemáticos que, en las condiciones industriales del proceso, incluyan diferentes parámetros de fruto y los relacionen con la calidad del aceite.

Por otra parte, el hecho de que la correlación canónica sea tan elevada permite trabajar con las variables canónicas con el fin de establecer un modelo de predicción de la puntuación del perfil sensorial del aceite obtenido a partir de las características de calidad de las aceitunas en recepción. En efecto, la puntuación sensorial (PS) presenta una elevada correlación con la variable explicada W_1 ($r = 0,793$) y con la explicativa V_1 ($r = 0,674$), de manera que se ha modelizado la función $PS(V_1)$, obteniéndose un ajuste aceptable ($R^2 = 0,454$ y $P < 0,0001$).

$$\text{Puntuación sensorial (PS)} = 6,83247 + 0,57022 \times V_1$$

A partir de dicho modelo, es posible calcular los valores de V_1 que implican una puntuación sensorial elevada (dentro de la categoría comercial “extra”), o por el contrario muy baja (en la categoría “virgen” o “lampante”) y, con ello, se pueden analizar las características de las muestras que dan lugar a dichos valores de V_1 . En efecto, el procedimiento es el siguiente:

- Características medias de un lote de aceitunas para elaborar aceites de categoría “extra”:
 - Condiciones: $PS \geq 7,0 \rightarrow V_1 \geq 0,2938 \approx V_1 > 0,3$
 - Entrando en la matriz canónica, se seleccionan aquellas muestras que cumplen dicha condición para V_1 y se promedian sus valores (Tabla 39).
 - El resultado nos indica que un lote de aceitunas de la zona Priorat, con más de un 42% de aceitunas sanas, menos del 10% de frutos fermentados y menos del 5% de frutos arrugados o afectados por heladas, con un índice de madurez inferior a 2,5 (frutos en envero), tiene bastantes probabilidades de producir un aceite de categoría “extra”.
- Características medias de un lote de aceitunas para elaborar aceites de categoría “virgen” o “lampante”:
 - Condiciones: $PS \leq 6,0 \rightarrow V_1 \leq -1,4599 \approx V_1 < -1,45$
 - Entrando en la matriz canónica, se seleccionan aquellas muestras que cumplen dicha condición para V_1 y se promedian sus valores (Tabla 39).
 - El resultado indica que un lote de aceitunas de la zona Priorat, con más del 85% de frutos fermentados, arrugados o afectados por heladas, y menos del 6% de aceitunas visualmente sanas, con un índice de madurez superior a 3 (frutos morados), tiene bastantes posibilidades de dar lugar a un aceite de categoría “virgen” o “lampante”.

Tabla 39 Características medias de un lote de aceitunas que permiten esperar obtener aceite de categoría “extra” o inferior, a partir del análisis de correlación canónica. Modelo calculado para la producción de la zona Priorat.

Característica del fruto	Valores medios para aceite “extra”	Valores medios para aceite “virgen” o “lampante”
Frutos sanos (%)	42,68	6,40
Frutos fermentados (%)	9,79	88,40
Frutos arrugados por el frío (%)	4,52	87,60
Índice de madurez (0-7)	2,37	3,10
Humedad del fruto (%)	53,16	40,54
Peso del fruto (g)	1,37	1,11
Contenido en aceite del fruto (% smt)	22,10	33,01
Puntuación equivalente media observada	7,31	5,50

5.6. Caracterización de aceites

En el período 2003-2008 se han analizado un total de 527 depósitos, lo que representa un total de 6.308.124 litros de aceite (Tabla 40), con un volumen medio analizado cada año de 1.051.349 litros, ligeramente superior a las 900 t de producción media que se refieren en las estadísticas oficiales del DAR (2008); ello significa que la información analizada por el presente proyecto de tesis representa prácticamente el total de la producción del Priorat. La cosecha 2003-04 fue especialmente elevada, mientras que la 2005-06 fue bastante baja; el estudio particular de estos dos años extremos puede aportar información relevante sobre las características extremas de los aceites. La cosecha 2008-09 fue de tipo medio, sin embargo no se analizó en su totalidad y en el presente estudio se incluyen sólo los datos disponibles hasta enero de 2009.

Tabla 40.- Volúmenes totales de aceite (litros) analizados cada año en cada almazara (período 2003-2008).

Almazara	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Total	Media
Bisbal-Margalef	311.001	135.000	130.000	170.000	--	--	746.006	186.500
Cabaces	238.001	158.000	104.000	158.000	178.800	180.001	1.016.808	169.467
El Molar	140.000	105.000	65.000	58.000	71.000	28.000	467.002	77.833
La Mola	220.000	60.001	120.000	140.000	200.000	140.000	880.003	146.667
La Serra	67.000	86.001	64.001	44.000	84.001	56.000	401.004	66.834
Masroig	191.008	127.000	100.000	97.000	130.003	20.000	665.015	110.835
Torroja	32.002	16.000	16.000	18.000	5.000	8.000	95.003	15.834
Ulldemolins	327.151	289.001	110.001	307.150	294.301	75.152	1.402.761	233.793
Vinícola	97.503	116.000	68.001	121.002	150.004	82.006	634.520	105.753
Total	1.623.666	1.092.004	777.003	1.113.153	1.113.109	589.159	6.308.124	1.051.349

Los parámetros considerados han sido tanto químicos (ácidos grasos, esteroides, ceras, polifenoles totales, estabilidad, K_{225} , acidez, peróxidos, K_{232} , K_{270} , humedad e impurezas), atributos sensoriales positivos (frutado, amargo, picante, dulce, astringencia, manzana, frutas maduras, verde, otros atributos positivos, complejidad), atributos sensoriales negativos (avinado, moho, borras, atrojado, rancio y otros defectos), así como la puntuación global equivalente y el índice global de calidad.

5.6.1. Clasificación comercial de aceites

Del total de depósitos de aceite analizados, 266 han resultado de categoría “extra” con un volumen equivalente a 4.275.648 litros, lo que representa cerca del 68% del total producido en la comarca del Priorat. La Tabla 41 resume los volúmenes de aceite analizados en cada almazara, agrupados por categorías comerciales.

Tabla 41.- Volúmenes totales (litros) de aceite analizados en cada almazara, agrupados por categorías comerciales (período 2003-2008).

Almazara	Extra	Virgen	Lampante	% extra	Total
Bisbal-Margalef	311.003	375.003	60.000	41,7	746.006
Cabacés	756.006	260.802	--	74,4	1.016.808
El Molar	316.001	89.500	61.500	67,7	467.002
La Mola	600.001	260.002	20.000	68,2	880.003
La Serra	381.004	16.000	4.000	95,0	401.004
Masroig	539.011	106.002	20.002	81,1	665.015
Torroja	16.000	32.001	47.002	16,8	95.003
Ulldemolins	881.608	491.153	30.000	62,8	1.402.761
Vinícola	475.012	135.005	24.502	74,9	634.520
Total	4.275.648	1.765.468	267.006	67,8	6.308.124

Puede apreciarse como todas las almazaras corren el riesgo de elaborar una parte de aceite de categorías inferiores a “virgen extra”. Estas observaciones coinciden con lo comentado en el apartado de calidad de los frutos procesados por cada almazara (ver Figura 19). Los dos defectos más usuales observados en la zona son las “aceitunas heladas” (45%) y el “avinado” (35%), aunque el riesgo es diferente para cada almazara (Tabla 42):

- En Cabacés, El Molar, La Serra y Masroig la principal causa de que un aceite no sea de categoría “extra” son las aceitunas heladas, que suelen aparecer a partir de media campaña (diciembre).
- En Ulldemolins, la Vinícola y Bisbal-Margalef también se observan pérdidas de calidad por heladas, sin embargo existen otros problemas que originan pérdidas importantes, por aparición de defectos de fermentaciones de frutos (avinado, moho y atrojado) ya en los primeros momentos de la campaña (noviembre) y que tienen que ver con una mala organización de las operaciones de cosecha y postcosecha, especialmente en el caso de Ulldemolins que procesa aceitunas de tres tipos diferentes de olivicultura (convencional, ecológica e integrada).
- Torroja presenta problemas asociados al sistema de prensas tradicionales, que favorecen todo tipo de fermentaciones, a pesar de que los frutos entregados por los agricultores estén en buenas condiciones.

Tabla 42.- Frecuencia relativa (%) de los diferentes defectos sensoriales observados en cada almazara (período 2003-2008).

Almazara	Defectos (%)							% aceites con defectos
	Avinado	Moho	Borras	Atrojado	Rancio	Heladas	Otros	
Bisbal-Margalef	36,4	9,1	4,5	4,5	0,0	45,5	0,0	58,3
Cabacés	28,6	0,0	0,0	7,1	0,0	64,3	0,0	25,6
El Molar	7,7	7,7	0,0	0,0	23,1	61,5	0,0	32,3
La Mola	56,3	0,0	0,0	0,0	0,0	43,8	0,0	31,8
La Serra	33,3	0,0	0,0	0,0	0,0	66,7	0,0	5,0
Masroig	7,7	7,7	0,0	0,0	0,0	84,6	0,0	18,9
Torroja	42,9	21,4	0,0	14,3	0,0	7,1	14,3	83,2
Ulldemolins	51,4	5,4	0,0	0,0	5,4	37,8	0,0	37,2
Vinicola	22,2	27,8	0,0	5,6	11,1	33,3	0,0	25,1
Total	35,3	9,3	0,7	3,3	4,7	45,3	1,3	32,2

5.6.2. Características medias de los aceites de categoría “extra”

5.6.2.1. Características sensoriales medias

Para determinar el perfil promedio de la zona Priorat se han considerado solamente los aceites elaborados en sistema de 2 fases, lo que representa un volumen total de aceite de 3.425.600 litros. El análisis de distribución de los perfiles sensoriales de estos aceites “extra” se resume en la Tabla 43. El intervalo intercuartil, que incluye el 50% de observaciones, indica un perfil como el siguiente:

- Frutado medio, de connotaciones verdes con bastantes matices secundarios de intensidad ligera y algunas notas de frutas maduras, casi imperceptibles. En boca domina el picante, de intensidad media que no llega a ser desagradable, mientras que amargo y dulce se equilibran con una intensidad media-ligera, y la astringencia es muy ligera.

Tabla 43.- Datos medios y análisis de distribución de los atributos sensoriales positivos del aceite del Priorat, de categoría “extra” (período 2003-2008; volumen total=3.425.600 litros).

Parámetro	Media	DE ^z	CV ^y	Q25 ^x	Q75 ^w	Mínimo	Máximo
Atributos (0-10)							
<i>Frutado</i>	4,92	0,60	12,2	4,5	5,3	3,9	6,5
<i>Manzana</i>	0,54	0,77	142,3	0,0	1,0	0,0	3,0
<i>Ofm^v</i>	1,40	0,75	53,3	1,0	2,0	1,0	4,2
<i>Verde</i>	3,44	0,54	15,7	3,0	4,0	2,1	5,0
<i>Amargo</i>	3,71	0,67	18,0	3,2	4,0	2,3	5,8
<i>Picante</i>	4,29	0,52	12,1	4,0	4,6	3,0	6,0
<i>Dulce</i>	3,94	0,36	9,1	3,8	4,0	3,0	5,0
<i>Astringente</i>	2,23	0,72	32,5	1,9	2,7	0,0	4,0
<i>Otros</i>	2,88	0,39	13,6	2,5	3,0	2,0	4,0
Puntuación ^u (0-9)	7,39	0,36	4,8	7,1	7,6	6,5	8,2
Valor ^t (0-50)	31,1	3,43	11,0	29,0	33,0	24,0	38,0
Complejidad ^s	5,19	1,33	25,7	4,0	6,0	2,0	8,0

^z: desviación estándar; ^y: coeficiente de variación (%); ^x: cuartil del 25%; ^w: cuartil del 75%; ^u: puntuación equivalente UE2568/91, según Romero-Aroca et al., (2009); ^v: otras frutas maduras; ^t: valor comercial del aceite, según Romero-Aroca et al., (2009); ^s: número de aromas secundarios percibidos por más del 30% de catadores.

El atributo “manzana” presenta un CV muy elevado y unas intensidades muy bajas, de manera que parece no ser relevante para la definición de este perfil. Por otra parte, los atributos “frutas maduras” (“ofm”) y “astringencia” sí que parecen estar presentes en la mayor parte de muestras, aunque su variabilidad es elevada y, en algunos aceites, llegan a valer cero. El resto de atributos sensoriales presentan unos CV inferiores al 20%.

Este perfil promedio es muy parecido al observado por Tous et al. (1997) para el Priorat, al comparar aceites comerciales de ‘Arbequina’ de distintas procedencias, aunque utilizando una escala de intensidad de 5 puntos, lo que dificulta la comparación. No existen otras referencias al perfil de los aceites de la zona Priorat que sean comparables, ya que el análisis sensorial de aceites en Cataluña se inició en 1997, cuando el panel oficial de Cataluña empezó a ser operativo (Romero-Aroca et al., 1998). En la zona de Les Garrigues, Tovar et al. (2002a) en un ensayo de riego con la misma variedad observan, en la cosecha 1998, un perfil sensorial sensiblemente más frutado, verde, amargo y picante (expresados sobre escala de 5 puntos). Finalmente, Berenguer et al. (2006) en un ensayo de riego con olivos jóvenes de ‘Arbequina’, en una plantación superintensiva de California, observan perfiles muy diferentes, con menores niveles de frutado, amargo y picante, parecidos al perfil más frecuente en los aceites del litoral de Tarragona.

Cuando se analizan los datos en relación a los días transcurridos de campaña, se observa un cierto nivel de correlación con algunos atributos sensoriales (Tabla 44), principalmente los relacionados con el contenido en polifenoles; así, se observa una correlación negativa entre días de campaña y amargo, picante y astringencia, sin que se observen diferencias significativas en los atributos aromáticos. Esta observación corrobora en parte las indicaciones tradicionalmente aceptadas de que los aceites de final de campaña son más dulces y suaves y presentan un frutado de tipo maduro, en relación a los de inicio de campaña, descripción muy utilizada en los reglamentos de DOP de aceites y recogida en algunas publicaciones (Tous, 1990; Tous y Romero-Aroca, 1994a).

Tabla 44.- Coeficientes de correlación entre días transcurridos de campaña e intensidad media de los atributos sensoriales positivos del aceite del Priorat, de categoría “extra” (período 2003-2008; volumen total=3.425.600 litros).

Atributo	Correlación (r de Pearson)
<i>Frutado</i>	-0,260
<i>Manzana</i>	0,091
<i>Ofm^z</i>	0,277
<i>Verde</i>	-0,286
<i>Amargo</i>	-0,481
<i>Picante</i>	-0,528
<i>Dulce</i>	0,254
<i>Astringente</i>	-0,474
<i>Otros</i>	-0,329
Puntuación ^y	-0,087
Valor ^x	-0,085
Complejidad ^w	0,194

^z: otras frutas maduras; ^y: puntuación equivalente UE2568/91, según Romero-Aroca et al., (2009); ^x: valor comercial del aceite, según Romero-Aroca et al., (2009); ^w: número de aromas secundarios percibidos por más del 30% de catadores.

5.6.2.2. Características sensoriales extremas

Como se ha indicado anteriormente, la cosecha 2003-04 fue especialmente elevada, mientras que la 2005-06 fue muy reducida. El estudio de las características sensoriales de estas dos cosechas extremas puede aportar información relevante sobre qué parámetros del aceite son más sensibles a dichas variaciones según el nivel de cosecha.

La Tabla 45 muestra los valores medios de los aceites en las citadas campañas, en comparación con la media general. Puede observarse como en el año de mayor cosecha

(2003-04) los aceites resultaron más intensos en atributos secundarios, como “verde”, “manzana”, “ofm” y “otros”, así como en “dulce” y “picante”. Por el contrario, el año de menor cosecha (2005-06) los aceites resultaron más apagados en todos los atributos. El análisis multivariante de los datos proporciona el mismo resultado (Figura 25), siendo posible observar como los aceites de la cosecha 2003 se concentran en el cuadrante superior derecho, donde dominan los atributos “manzana”, “verde”, “frutado” y “otros”, mientras que los aceites de la cosecha 2005 se concentran en la zona central y el cuadrante inferior izquierdo del gráfico, donde no predomina ningún atributo sensorial.

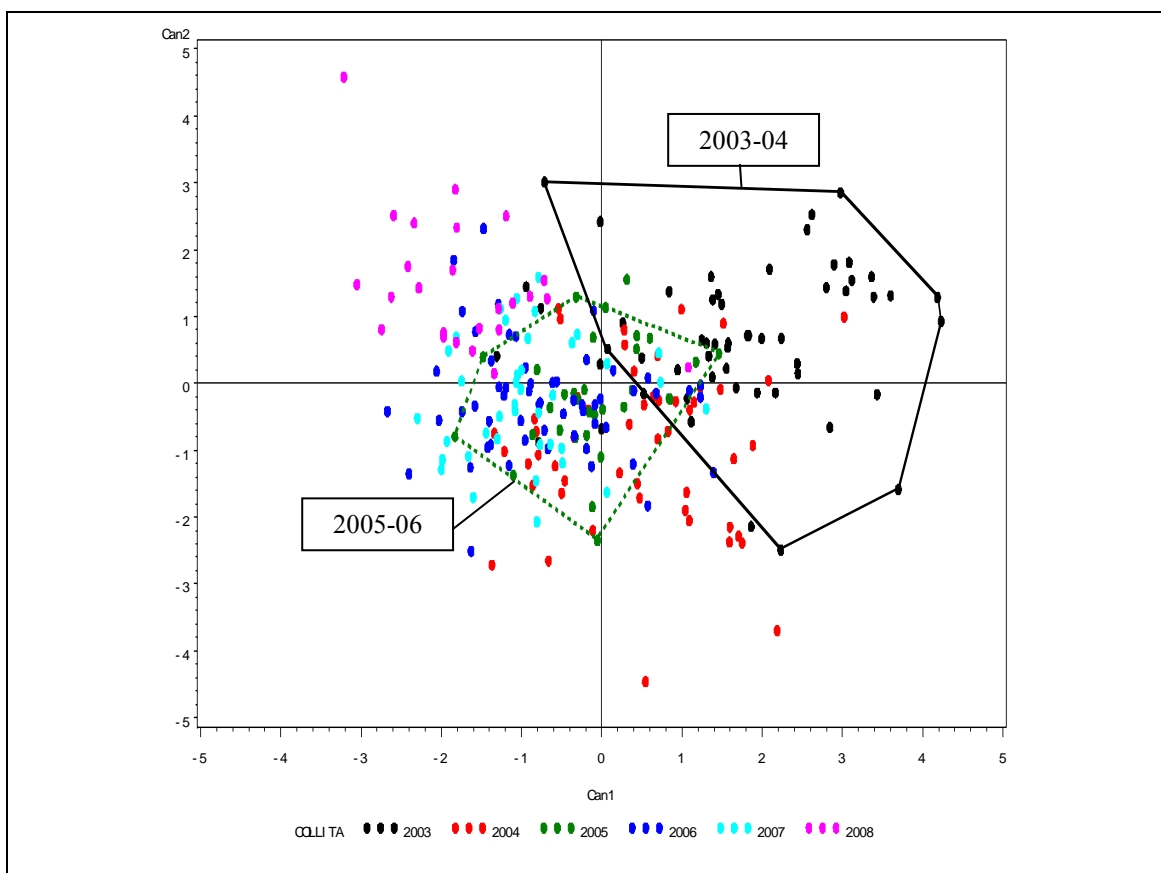


Figura 25.- Representación gráfica del análisis canónico discriminante, de los perfiles individuales de los aceites de categoría “extra”, elaborados en sistema de “2fases”, en la zona Priorat, clasificados por años de producción. La cosecha 2003 (línea continua en negro) fue la más elevada, mientras que la 2005 (línea discontinua en verde) fue la menor. La variable canónica CAN1 explica el 62% de variabilidad total, mientras que CAN2 explica el 26%. El cuadrante superior derecho corresponde a los atributos “frutado”, “verde”, “manzana” y “otros”; el superior izquierdo indica aceites “dulces”; el inferior derecho corresponde al “amargo”, “picante”, “astringente” y “ofm”; finalmente, el cuadrante inferior izquierdo indica aceites con una baja intensidad en todos los atributos.

Existen diferentes estudios donde se analiza el efecto del nivel de cosecha sobre algunas características de los frutos y del aceite. Así, Romero-Aroca et al. (2002), trabajando con ‘Arbequina’ en la zona de Tarragona observan que, en un mismo año, los olivos con menor nivel de carga presentan frutos de mayor tamaño, de maduración más rápida, mientras que su aceite es más rico en ácido linoleico y de menor estabilidad, lo que indica un menor contenido en polifenoles y, supuestamente, un menor nivel de amargo y picante, en concordancia con lo observado en el Priorat. Gucci et al. (2004) también obtienen resultados parecidos con la variedad italiana ‘Leccino’, comparando niveles de carga y dosis de riego.

Tabla 45.- Atributos sensoriales positivos medios de los del aceite del Priorat, de categoría “extra”, en las cosechas extremas 2003-04 y 2005-06, en comparación con la media general del período 2003-2008.

Parámetro	Media	DE ^z	2003-04 (elevada)	2005-06 (baja)
Producción de aceite (kg/año)	1.143.787	--	1.623.666	777.003
Atributo (0-10)				
<i>Frutado</i>	4,92	0,60	4,79	4,62
<i>Manzana</i>	0,54	0,77	1,12	0,51
<i>Ofm</i>	1,40	0,75	1,70	1,60
<i>Verde</i>	3,44	0,54	3,54	3,19
<i>Amargo</i>	3,71	0,67	3,70	3,38
<i>Picante</i>	4,29	0,52	4,31	4,15
<i>Dulce</i>	3,94	0,36	4,04	3,95
<i>Astringente</i>	2,23	0,72	2,21	1,81
<i>Otros</i>	2,88	0,39	3,12	2,70
Puntuación ^y (0-9)	7,39	0,36	7,35	7,29
Valor ^x (0-50)	31,1	3,43	30,9	30,4
Complejidad ^w	5,19	1,33	5,07	5,67

^z: desviación estándar; ^y: puntuación equivalente UE2568/91, según Romero-Aroca et al., (2009); ^x: valor comercial del aceite, según Romero-Aroca et al., (2009); ^w: número de aromas secundarios percibidos por más del 30% de catadores.

5.6.2.3. Composición en ácidos grasos

La composición media en ácidos grasos se resume en la Tabla 46. En total se han analizado 167 muestras, equivalentes a 2.069.654 litros de aceite virgen. Los resultados indican que el 50% de aceites producidos tienen entre un 69,6 y un 72,7% de ácido oleico, entre un 9,3 y un 10,9% de ácido linoleico y entre un 13,0 y un 14,3% de ácido palmítico. Los ácidos margárico, behénico y palmitoleico presentan coeficientes de variación superiores al 20%, mientras que los ácidos oleico, palmítico y esteárico no alcanzan el 10% de variación, presentando el resto de ácidos grasos unos coeficientes de

variación intermedios. En ningún caso se han detectado aceites fuera de los rangos fijados por la norma internacional de comercialización de aceites de oliva virgen (UE 2568/91).

Los valores medios observados, para los distintos ácidos grasos, son muy similares a los descritos por Tous et al. (1997) para la zona Priorat y corresponden a unos niveles intermedios entre los observados en aceites de ‘Arbequina’ de la zona litoral de la DOP “Siurana” (Romero-Aroca et al., 2002) y los de la zona interior en Garrigues (Tovar et al., 2002a; Morello et al., 2004). Se trata de una composición con una menor tendencia a la oxidación y a la solidificación por efecto del frío, que los aceites de la zona litoral de la misma variedad; en efecto, en el Priorat el contenido en ácidos grasos poliinsaturados es sensiblemente inferior, mientras que el contenido en ácidos grasos saturados de cadena corta es también menor que en la zona litoral.

La composición en ácidos grasos de la variedad ‘Arbequina’ se ha estudiado en numerosas zonas de todo el mundo, observándose diferencias entre ellas. Quizás el estudio más amplio es el de Tous et al. (1997), donde se comparan aceites de Cataluña (Priorat, Siurana-litoral, Garrigues, Terra Alta, Anoia y Montsià), Andalucía y Aragón; a título de ejemplo, el contenido en ácido oleico (el mayoritario en todos los casos) oscila entre un 62% en el Montsià (sur de Tarragona) y un 74% en Garrigues (Lleida). León et al. (2008) observan un nivel del mismo ácido graso inferior al 65% en Córdoba, mientras que los ácidos palmítico y linoleico son claramente superiores a los valores observados en Cataluña y, por tanto, también a los del Priorat. En Marruecos, El Antari et al. (2003) observan niveles de oleico inferiores al 64%, mientras que el palmítico supera el 17% y el linoleico supera el 13%. En Argentina, la misma variedad presenta una composición diferente según la zona de producción, aunque siempre muy alejada de los valores observados en Cataluña; así, Torres et al. (2009) indican valores de la relación MONO/POLI de 3,9 en Córdoba y de 2,8-3,3 en Catamarca, mientras que Mattar y Turcato (2006) observan niveles de oleico entre 59-68% en la provincia de San Juan (algo más al sur que Catamarca y a la misma latitud que Córdoba, pero más al oeste y a mayor altitud). En Australia, Mailer et al. (2010) analizan aceites de ‘Arbequina’ en distintas zonas del país, observando variaciones considerables, relacionadas con la latitud; así en Southern Queensland observan niveles de ácido oleico del 54%, en South-Western Australia 63%, en Central Victoria 70% y en Tasmania 81% (en esta isla, la variedad ‘Picual’ alcanza valores superiores al 83%). Finalmente, en

Túnez, Laroussi et al. (2006) estudian la variabilidad de ‘Arbequina’ en diferentes zonas del país, observando variaciones que van de niveles de oleico del 56% en Medenine (al sur) hasta un 68% en Mornag (al norte).

Cabe destacar la coincidencia de valores de la relación $\frac{C18:1}{C18:2+C16:0}$ entre el presente proyecto de tesis y los propuestos por Bonghi (2004) en zonas frías (con una baja acumulación de calor entre enero y julio), para la variedad ‘Arbequina’; en efecto, dicho autor propone valores para dicha relación entre 1 (zonas cálidas) y 3,5 (zonas frías), muy cercano al valor 3,05 observado en el Priorat.

Tabla 46.- Datos medios y análisis de distribución de la composición en ácidos grasos del aceite del Priorat (período 2003-2008; n=167; volumen total = 2.069.654 litros).

Parámetro	Media	DE ^z	CV ^y	Q25 ^x	Q75 ^w	Mínimo	Máximo
C16:0 (%)	13.56	1.22	8.99	13.00	14.27	10.20	16.20
C16:1 (%)	1.43	0.29	20.34	1.24	1.64	0.70	1.98
C17:0 (%)	0.127	0.056	44.00	0.100	0.139	0.054	0.707
C17:1 (%)	0.242	0.032	13.32	0.200	0.268	0.172	0.327
C18:0 (%)	1.86	0.17	9.38	1.74	1.95	1.51	2.40
C18:1 (%)	71.22	2.64	3.70	69.60	72.74	65.52	77.70
C18:2 (%)	10.13	1.30	12.87	9.30	10.93	7.10	12.84
C18:3 (%)	0.618	0.087	14.05	0.560	0.680	0.410	0.810
C20:0 (%)	0.356	0.042	11.83	0.321	0.400	0.236	0.487
C20:1 (%)	0.284	0.038	13.21	0.260	0.300	0.150	0.483
C22:0 (%)	0.102	0.029	28.15	0.087	0.115	0.000	0.186
Saturados (%)	15.88	1.09	6.89	15.40	16.38	13.00	18.50
Insaturados (%)	83.92	1.23	1.47	83.40	84.45	78.27	87.29
Monoinsaturados (%)	73.17	2.39	3.27	71.81	74.50	67.71	79.00
Poliinsaturados (%)	10.75	1.36	12.68	9.82	11.67	7.60	13.55
INSAT/SAT	5.31	0.45	8.55	5.08	5.47	4.40	6.66
MONO/POLI	6.95	1.15	16.51	6.17	7.55	5.08	10.37
C18:1/(C18:2+C16:0)	3.05	0.45	14.91	2.77	3.23	2.27	4.41
SAT/POLI	1.49	0.12	8.12	1.39	1.58	1.19	1.82
SAT+POLI	26.63	2.34	8.78	25.40	28.01	20.80	31.88

^z: desviación estándar; ^y: coeficiente de variación (%); ^x: cuartil del 25%; ^w: cuartil del 75%;

El análisis multivariante (MANOVA) indica variaciones significativas, en el perfil de ácidos grasos, entre almazaras y campañas oleícolas (λ Wilks=0,044 P<0,0001), que se estudian detalladamente más adelante. Estas diferencias estarían relacionadas con el nivel de cosecha y la maduración propios de cada año (Romero-Aroca et al. 2002; Motisi et al. 2004), así como con las características climáticas de cada zona y año (Tura et al. 2008).

5.6.2.4. *Composición en esteroides y otros compuestos menores*

Entre los años 2004 y 2008 se ha analizado la composición esteróica de un total de 63 depósitos, equivalentes a 794.650 litros de aceite virgen. También se ha analizado el contenido en ceras de 124 muestras, equivalentes a un total de 1.616.651 litros de aceite.

Los valores indican un nivel de variación elevado (superior al 30%), entre muestras, para el contenido en esteroides totales, Δ_7 -estigmastenol, Δ_7 -avenasterol y ceras. En ningún caso se han detectado aceites fuera de los rangos fijados por la norma internacional de comercialización de aceites de oliva virgen (UE2561/91).

Por otra parte, los valores observados coinciden con los observados por Gracia (1996), Aparicio y Luna (2002) o Rivera del Alamo et al. (2004) al analizar, entre otras variedades, aceites comerciales de ‘Arbequina’ de diferentes zonas españolas, aunque sin especificar su origen. En Australia, Mailer et al. (2010) y en California, Berenguer et al. (2006), indican valores parecidos a los observados en el presente proyecto de tesis, aunque con fluctuaciones interanuales y también relacionadas con el riego, como se analizará más adelante.

Tabla 47.- Datos medios y análisis de distribución de la composición en esteroides y ceras del aceite del Priorat (período 2003-2008); (esteroides: n=63, volumen total = 794.650 litros); (ceras: n=124, volumen total = 1.616.651 litros).

parámetro	Media	DE ^z	CV ^y	Q25 ^x	Q75 ^w	mínimo	máximo
Colesterol (%)	0,107	0,076	70,77	0,060	0,130	0,045	0,500
Campesterol (%)	3,275	0,348	10,64	3,10	3,50	1,56	3,70
Estigmasterol (%)	0,618	0,097	15,63	0,52	0,70	0,44	0,80
β -Sitosterol aparente (%)	94,73	0,593	0,63	94,50	94,90	93,08	96,20
Δ_7 -Estigmastenol (%)	0,123	0,069	55,97	0,090	0,200	0,045	0,380
Δ_7 -Avenasterol (%)	0,271	0,088	32,29	0,200	0,300	0,070	0,500
Esteroides totales (mg/kg)	1558	553	35,46	1160	1933	1005	2892
Ceras (mg/kg)	76,91	41,35	53,76	40,00	115,00	18,00	162,00

^z: desviación estándar; ^y: coeficiente de variación (%); ^x: cuartil del 25%; ^w: cuartil del 75%;

5.6.2.5. *Contenido en polifenoles y estabilidad*

En el período 2003-2008 se ha analizado el contenido en polifenoles totales, el amargor (K₂₂₅) y la estabilidad frente a la oxidación (método Rancimat a 120°C) de un total de

132 muestras obtenidas por sistema continuo de 2fases, equivalentes a 1.610.004 litros de aceite virgen (Tabla 48).

El coeficiente de variación, para los tres parámetros, está cercano al 20%, lo cual indica un cierto grado de homogeneidad a lo largo de los años y las diferentes cooperativas. Se trata de valores de difícil comparación con otros datos publicados, ya que deben considerarse tanto el sistema de extracción (2fases, 3fases, ABENCOR...) como las unidades (polifenoles expresados en mg/kg de ácido cafeico o de ácido gálico, estabilidad Rancimat expresada en horas a 120°C o a 98.8°C...)

En este sentido, Tous et al. (1997), analizando aceites de almazara del Priorat, observan valores de polifenoles totales medios de 320 mg/kg de ácido cafeico, bastante superiores a los observados en el presente proyecto de tesis, en consonancia con una mayor estabilidad Rancimat que también observan (superior a 8 h a 120°C). Sin embargo, Morelló et al. (2004) analizando aceites de la misma variedad, en la zona de Les Garrigues, observan importantes variaciones principalmente relacionadas con el momento de la cosecha, con niveles de polifenoles totales de 250-370 mg/kg a inicio de campaña y de 125 mg/kg al final, lo que supone un valor más parecido al observado en el Priorat y que encajaría con los valores medio-altos de maduración observados en esta zona, y discutidos en un apartado anterior. En un ensayo de riego en la misma zona de Les Garrigues, Tovar et al. (2002a) también observaron importantes diferencias interanuales, con valores de polifenoles entre 52-340 mg/kg (para el mismo tratamiento de control) y una media global de 152 mg/kg, bastante parecida a nuestras observaciones, incluso a nivel de índice de amargor. Respecto de la estabilidad, también estos autores observan valores más elevados (medias de 10-15 h a 120°C) que los del presente proyecto de tesis.

En el mismo sentido, Torres et al. (2009), analizando en Argentina aceites comerciales de 'Arbequina' procedentes de Cataluña, observan un rango de variación del contenido en polifenoles similar al observado (82-305 mg/kg) e indican que en Argentina, en la zona de Córdoba los aceites de esta variedad tendrían niveles de polifenoles cercanos a 220 mg/kg, mientras que más al norte, en Catamarca, los niveles bajarían por debajo de 160 mg/kg y en la zona de San Juan el valor máximo observado por Mattar y Turcato (2006) no superaría 130 mg/kg. En Marraquech (Marruecos), El Antari et al. (2003) observan niveles de polifenoles totales ligeramente inferiores (158 mg/kg) para la

misma variedad, mientras que Berenguer et al. (2006), en un ensayo de riego en California, observan valores de polifenoles totales entre 75-165 mg/L de ácido cafeico, para dosis medias de riego deficitario controlado (aportes de agua equivalentes al 40-70% de la ETC), con fuertes variaciones interanuales.

Tabla 48.- Datos medios y análisis de distribución de los contenidos en polifenoles totales, amargor (K_{225}) y estabilidad (Rancimat a 120°C) del aceite del Priorat (período 2003-2008); (n=132, volumen total = 1.610.004 litros).

Parámetro	Media	DE ^z	CV ^y	Q25 ^x	Q75 ^w	Mínimo	Máximo
Polifenoles totales (mg/kg ácido cafeico)	171,3	37,6	21,93	149,0	193,0	88,0	317,0
Amargor (K_{225})	0,186	0,041	22,04	0,160	0,210	0,100	0,310
Estabilidad Rancimat (h a 120°C)	6,24	1,22	19,61	5,44	7,11	3,21	9,99

^z: desviación estándar; ^y: coeficiente de variación (%); ^x: cuartil del 25%; ^w: cuartil del 75%;

5.6.3. Variaciones de composición y de perfil sensorial asociadas a la mezcla de aceites de ‘Arbequina’ con otras variedades

Durante los años 2003 a 2005, se realizaron diferentes estudios encaminados a evaluar hasta qué punto la mezcla de aceites de distintas variedades condiciona su composición química y las características sensoriales finales, considerando que una parte de los aceites del Priorat provienen de mezclas de ‘Arbequina’ con proporciones relativamente bajas de otras variedades locales. Para ello se realizaron dos series de estudios.

5.6.3.1. Mezcla de ‘Arbequina’ a diferentes concentraciones con aceite de ‘Koroneiki’

El objetivo de esta experiencia era determinar la concentración umbral de mezcla de ‘Arbequina’ con ‘Koroneiki’ que no modifica el perfil sensorial final del aceite. La elección de la variedad ‘Koroneiki’ se debe a que presenta un aceite de composición y perfil sensorial muy diferentes de ‘Arbequina’ y a que, en el momento del estudio, estaba siendo considerada por el sector como de posible admisión al reglamento de la DOP “Siurana”, con el fin de dar mayor estabilidad a sus aceites.

La metodología y el diseño experimental se detallan en material y métodos. Los resultados indican que existen diferencias, a nivel químico y sensorial, relacionadas con la proporción de mezcla de ambas variedades.

A nivel de **composición en ácidos grasos**, el análisis de la varianza indica diferencias significativas entre las distintas mezclas, relacionadas linealmente con la concentración;

sin embargo, no es posible diferenciar estadísticamente el aceite de ‘Arbequina’ de la mezcla con un 25% de ‘Koroneiki’ (Tabla 49). Tampoco se observan diferencias significativas en relación al contenido en polifenoles totales ni a la estabilidad, aspecto este último que era el argumento de la DOP “Siurana” para incorporar la variedad ‘Koroneiki’ en sus mezclas admitidas; siendo por tanto recomendable no aceptar dicha propuesta, ya que el efecto beneficioso requeriría mezclas cercanas al 50% lo que modificaría sustancialmente el perfil sensorial del aceite, como se discute a continuación.

Resultados muy parecidos observan Ouni et al. (2011) al comparar mezclas crecientes de la variedad tunecina ‘Chemlali’ con ‘Oueslati’ y con ‘Chetoui’. En ambos casos se aprecia una gran linealidad en la composición de ácidos grasos de las mezclas, aunque los análisis de varianza entre muestras que no superan el 20% de combinación de variedades indica que el cambio no es suficientemente significativo. Lo mismo sucede con la estabilidad; sin embargo, respecto de los polifenoles totales, este grupo de investigadores obtiene resultados muy parecidos a los de nuestro estudio, en el sentido de que la mezcla no presenta una linealidad clara, lo que atribuyen a problemas con el método de análisis, pero que la coincidencia con nuestros resultados puede sugerir algún otro tipo de explicación.

Tabla 49.- Ácidos grasos, polifenoles totales y estabilidad Rancimat. Composición media de las distintas mezclas estudiadas de aceites de ‘Arbequina’ y ‘Koroneiki’ (cosechas 2003-04 y 2004-05; n=6).

Parámetro	Proporciones relativas de ‘Arbequina’ (ARB) y ‘Koroneiki’ (KOR)				
	ARB 0% KOR 100%	ARB 25% KOR 75%	ARB 50% KOR 50%	ARB 75% KOR 25%	ARB 100% KOR 0%
C16:0 (%)	10,3 d ^z	11,3 cd	11,8 bc	13,3 a	13,0 ab
C16:1 (%)	0,84 c	1,00 c	1,20 b	1,33 ab	1,45 a
C18:0 (%)	2,57 a	2,55 a	2,33 ab	2,17 b	2,12 b
C18:1 (%)	78,1 a	76,2 b	74,8 b	72,2 c	71,9 c
C18:2 (%)	6,18 c	6,81 c	7,89 b	8,99 a	9,53 a
Polifenoles totales (mg/kg ác. cafeico)	598 a	337 a	250 b	254 b	193 b
Estabilidad (h 120°C)	16,4 a	15,1 ab	14,0 ab	13,0 bc	11,2 c

^z: por filas, valores seguidos de la misma letra no difieren estadísticamente, según test de Duncan (P=0,05)

A nivel sensorial, el análisis multivariante de los perfiles indica diferencias relacionadas con la proporción de mezcla. En efecto, aunque se podrían utilizar distintas técnicas de

cálculo, el mismo análisis canónico discriminante permite observar una transición clara entre el perfil sensorial de ‘Arbequina’ y el de ‘Koroneiki’ a medida que aumenta la proporción de mezcla (en la Figura 26 muestra de forma gráfica dicha transición, a lo largo del eje CAN1). Por otra parte, el análisis discriminante (Tabla 50) indica que cada nivel de mezcla presenta similitudes con la anterior y la siguiente, lo que en cierta manera también indica una progresividad en el cambio del perfil sensorial.

Como en el caso de los ácidos grasos, las diferencias entre perfiles sensoriales no llegan a ser significativas hasta que ‘Koroneiki’ supera el 25% de mezcla. En efecto, el análisis discriminante indica que hasta un 50% de las muestras analizadas que llevaban un 25% de ‘Koroneiki’ no se podían diferenciar de aceites 100% ‘Arbequina’ y al revés, hasta un 37,5% de muestras de ‘Arbequina’ parecían mezcladas con un 25% de ‘Koroneiki’ (Tabla 50).

Tabla 50.- Perfil sensorial. Análisis discriminante. Porcentajes de clasificación de muestras iniciales en las cinco mezclas consideradas entre ‘Arbequina’ (ARB) y ‘Koroneiki’ (KOR).

Origen de la muestra	grupo de reclasificación				
	ARB 0% KOR 100%	ARB 25% KOR 75%	ARB 50% KOR 50%	ARB 75% KOR 25%	ARB 100% KOR 0%
ARB 0%+KOR 100%	87,5	12,5	0,0	0,0	0,0
ARB 25%+KOR 75%	0,0	75,0	25,0	0,0	0,0
ARB 50%+KOR 50%	0,0	12,5	87,5	0,0	0,0
ARB 75%+KOR 25%	0,0	12,5	12,5	25,0	50,0
ARB 100%+KOR 0%	0,0	0,0	0,0	37,5	62,5
Error	12,5	25,0	12,5	75,0	37,5

La Figura 26 presenta de manera gráfica el resultado del análisis canónico de los datos, siendo posible apreciar el nivel de solapamiento del aceite de ‘Arbequina’ con la mezcla al 25% de ‘Koroneiki’. La primera componente canónica separa estos dos aceites de las mezclas al 50% o con predominio de ‘Koroneiki’. El análisis univariante corrobora estos resultados, no existiendo diferencias significativas entre aceites que llevan un 75% o un 100% de ‘Arbequina’ para ninguno de los atributos sensoriales del aceite (datos no presentados).

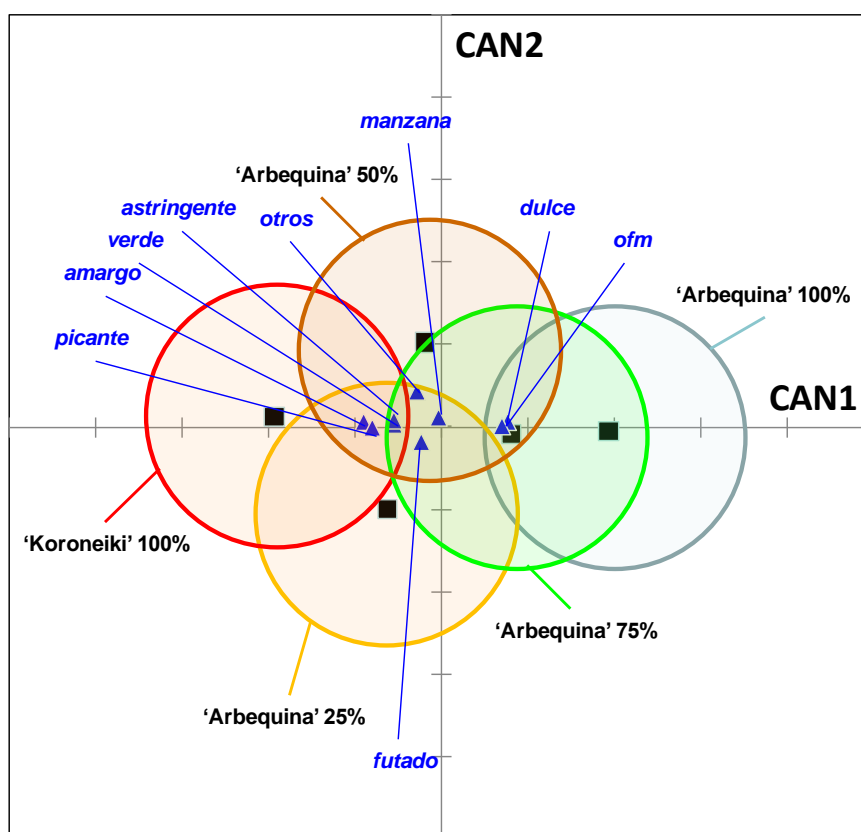


Figura 26.- Representación gráfica del análisis canónico discriminante, de los perfiles de 'Arbequina' mezclada con 'Koroneiki' en distintas proporciones. Representación de los valores medios de las dos primeras variables canónicas, junto con un círculo que representa el intervalo de confianza respectivo.

Los estudios de Ouni et al. (2011), analizando mezclas progresivas de 'Chemlali' con otras variedades y analizando la composición en compuestos volátiles del aceite resultante, indican que existe un marcado carácter aditivo de las mezclas, aunque en algunos casos parece que pueden darse fenómenos de sinergismo o de antagonismo que modifiquen el efecto aditivo inicial, lo que coincide con nuestras observaciones, en el sentido de que la evolución de los perfiles sensoriales resultantes es progresiva, pero no parece totalmente lineal.

5.6.3.2. Mezcla de aceite de 'Arbequina' con un 25% de otras variedades

Esta experiencia se diseñó a partir de los resultados de la anterior. El objetivo era comprobar que mezclar 'Arbequina' con un 25% de otra variedad no modifica el perfil sensorial final del aceite, especialmente con las variedades secundarias localizadas en la zona Priorat.

El diseño experimental y la metodología se describen en el apartado de material y métodos. Baste aquí decir que se han estudiado mezclas de ‘Arbequina’ con las variedades minoritarias presentes en el Priorat (‘Empeltre’, ‘Farga’, ‘Morrut’ y ‘Rojal’), así como otras variedades de perfil muy distinto y de origen diverso (‘Blanqueta’ de Alicante, ‘Leccino’ de Italia y ‘Koroneiki’ de Grecia).

El análisis de resultados indica que todas las mezclas estudiadas presentan un perfil sensorial similar al de la variedad base ‘Arbequina’; incluso algunas variedades también presentan un perfil muy similar a dicha variedad. La Figura 27 resume dicha información en un gráfico de *cluster*, donde se puede apreciar lo siguiente:

- Los aceites de ‘Koroneiki’ y ‘Leccino’ son los más diferentes al resto (distancia superior a 0,8).
- Las mezclas de ‘A+KOR’ y ‘A+ROJ’ son muy similares entre sí (distancia aprox. 0,5) y se encuentran a una distancia media (aprox. 0,7) del resto de aceites estudiados, a excepción de los dos anteriormente citados.
- Dado que del anterior ensayo de mezclas crecientes ARB-KOR se deduce que la mezcla ‘A+KOR’ al 25% no difiere estadísticamente de ‘Arbequina’, se deduce que todas las mezclas ensayadas al 25% no pueden diferenciarse sensorialmente de la variedad base ‘Arbequina’.

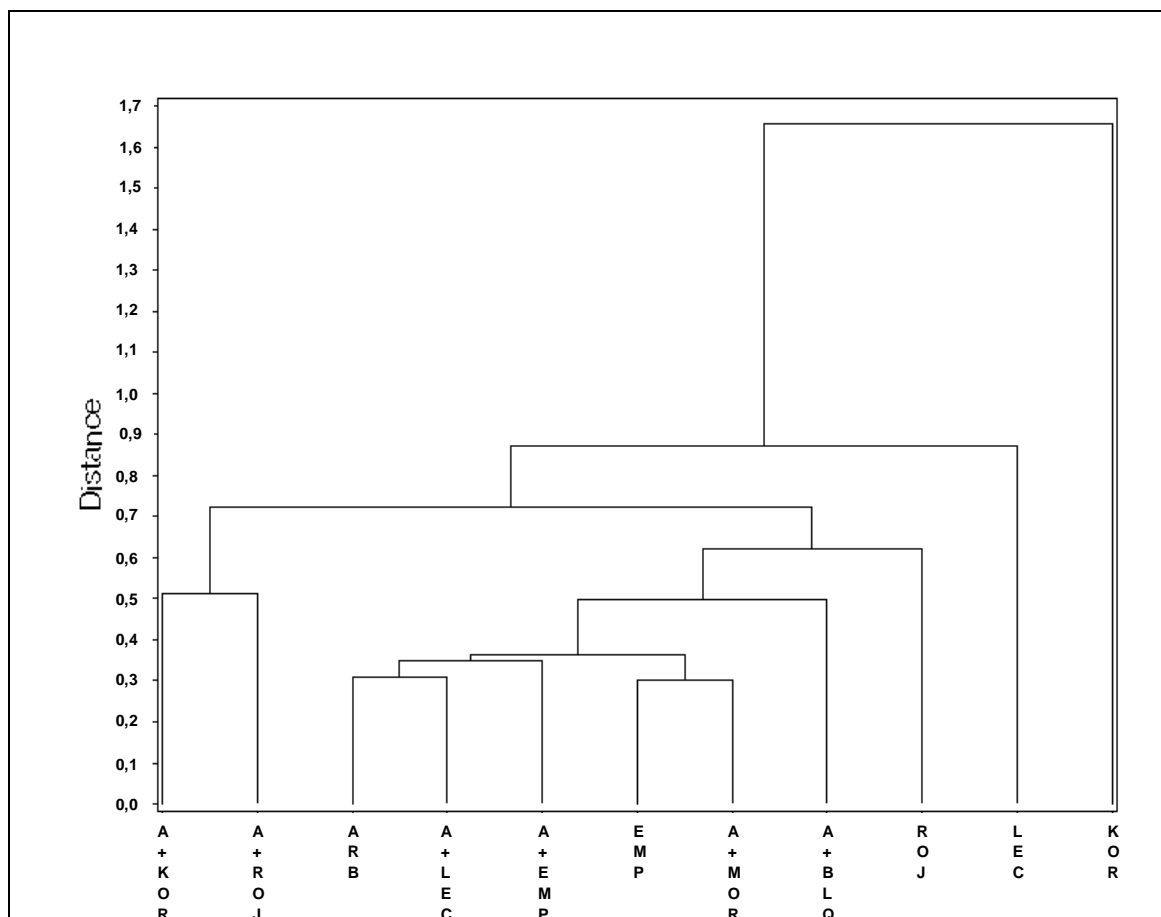


Figura 27.- Análisis Cluster de los perfiles sensoriales de los aceites monovarietales y de su mezcla al 25% con ‘Arbequina’.

Estos resultados coinciden plenamente con los del anterior ensayo, en el sentido de que mezclas al 25% o inferiores no implican un cambio significativo del perfil sensorial del aceite de ‘Arbequina’, al menos a un nivel identificable para los consumidores. Ello significa que las zonas del Priorat (La Serra y El Molar) donde existe una cierta proporción de otras variedades (las estudiadas en el presente ensayo ‘Empeltre’, ‘Farga’, ‘Morrut’ y ‘Rojal’), siempre por debajo del 25%, en relación a ‘Arbequina’, producen aceites que no son suficientemente diferenciables del resto de la zona (al menos debido al efecto de la mezcla de variedades), aunque puedan aportar matices sensoriales interesantes pero difíciles de analizar.

En Italia, Mannina et al. (2001), analizando aceites comerciales de distintas zonas mediante técnicas multivariantes (entre ellas el análisis cluster), muchos de ellos elaborados a partir de mezclas conocidas de variedades, obtienen resultados similares, en el sentido de que dentro de una misma zona geográfica donde existe una variedad

dominante, las mezclas casuales con otras variedades secundarias no siempre dan lugar a aceites diferenciables.

5.6.4. Variaciones de composición y de perfil sensorial asociadas a la zona y al factor año

Los datos anteriores de composición y perfil sensorial corresponden a los valores medios observados en el Priorat. Sin embargo, un análisis más detallado de los datos permite evaluar el peso relativo del factor zona (municipios que producen aceitunas para cada almazara del Priorat) y año de producción. En efecto, el análisis multivariante de la varianza (MANOVA) indica diferencias significativas entre zonas y años para la composición en ácidos grasos, esteroides y perfil sensorial. Sin embargo, el coeficiente de variación no supera el 20% en ningún parámetro, a excepción de los esteroides, que presentan una variación superior al 30% (Tabla 51).

Por otra parte, a nivel de composición química dicha variación parece relacionada con factores propios de la zona y de la climatología anual, que en su conjunto permiten explicar más de un 60% de la variabilidad total; en el caso de los atributos sensoriales, la variabilidad intrazonal observada no parece relacionada con factores concretos del año o de la zona y debería considerarse como aleatoria. En el presente apartado se analizan con detalle dichas diferencias.

Tabla 51.- Características sensoriales y composición química. Coeficiente de variación intrazonal y variabilidad explicada por las características del año y de la zona de producción. Aceites de categoría “extra” (período 2003-2008).

Parámetro	CV (%)	Variabilidad explicada				
		Año (%)	Zona (%)	λ Wilks ²	Componentes	Factores
Ácidos grasos mayoritarios	< 20	30-46	20-43	0,044***	C18:2 C16:0	Latitud, altitud, NPK, riego, ETP, Tmedia
Polifenoles	≈ 20	5-10	15-50	na	Polifenoles totales	Latitud, altitud, NPK, riego, ETP, Tverano, Tbatido
Esteroides	> 30	1-48	6-57	0,079***	Δ_7 -avenasterol, estigmasterol, campesterol, β -sitosterol	Tmedia, lluvia, NPK, agua de proceso
Sensorial	< 20	1-17	1-12	0,004**	Distintos cada año	

z: test MANOVA; * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,0001; na: No Aplica

5.6.4.1. Variaciones en la composición de ácidos grasos

El análisis de la varianza (ANOVA) indica diferencias significativas entre almazaras y años (λ Wilks=0,044 P<0,0001), principalmente para el grupo de ácidos grasos

mayoritarios (Tabla 52). Con respecto a los ácidos grasos minoritarios, el efecto del año es mucho más importante que las diferencias entre almazaras (Tabla 53).

En efecto, en el caso de ácidos grasos mayoritarios, la variabilidad explicada por el factor “almazara” representa entre el 20% y el 43% de la variabilidad total observada, mientras que el factor “año” supone entre un 30% y un 46% de la variabilidad total. En el caso de los ácidos grasos minoritarios, el factor “almazara” explica entre un 3% y un 15% de la variabilidad total y el factor “año” explica entre un 20% y un 62%.

En estudios similares realizados por Salvador et al. (2003) en la DOP “Aceites de Toledo” con la variedad ‘Cornicabra’, considerando cinco cosechas sucesivas y cinco ubicaciones diferentes, también se observa una mayor variabilidad para los ácidos grasos minoritarios y para el factor año, en relación a los ácidos grasos mayoritarios y al factor zona; aunque los coeficientes de variación observados son del orden de la mitad de los observados en la zona Priorat para la variedad ‘Arbequina’.

Tabla 52.- Composición media en ácidos grasos mayoritarios del aceite virgen elaborado en las diferentes almazaras del Priorat, ordenadas según valores decrecientes de C18:1 (periodo 2003-2008; n=167; volumen total = 2.069.654 litros; valores ponderados por el volumen de aceite de cada depósito analizado).

Almazara	C16:0 (%)	C16:1 (%)	C18:0 (%)	C18:1 (%)	C18:2 (%)
Ulldemolins	11,78 e ^z	1,05 d	2,06 a	74,94 a	8,42 d
Torroja	12,91 d	1,27 c	2,01 ab	73,51 b	8,57 d
Cabacés	13,26 cd	1,31 c	1,93 bc	73,35 bc	9,37 c
Vinícola	13,59 bc	1,40 bc	1,86 abc	71,78 c	9,61 c
La Mola	13,57 bc	1,51 ab	1,77 d	71,45 cd	9,91 c
Bisbal	13,44 bcd	1,26 c	1,84 cd	71,08 cde	9,52 c
El Molar	14,01 ab	1,54 a	1,78 d	70,24 def	10,69 b
Masroig	14,34 a	1,60 a	1,79 d	69,94 ef	10,78 b
La Serra	13,91 ab	1,52 ab	1,86 cd	69,62 f	11,36 a
Año					
2003	13,37 c ^z	1,44 c	1,84 b	71,83 b	9,73 b
2004	14,54 a	1,53 b	1,88 b	69,14 d	10,87 a
2005	13,96 b	1,70 a	1,67 c	70,60 c	10,64 a
2008	12,24 d	1,05 d	2,05 a	74,11 a	8,85 c
F <i>almazara</i>	33,5***	29,4***	12,0***	27,3***	45,2***
Variabilidad explicada (%)	32,2	27,0	20,3	30,2	43,0
F <i>año</i>	116,9***	133,4***	59,3***	93,9***	83,8***
Variabilidad explicada (%)	42,1	45,9	37,7	39,0	29,9

^z: por columnas, valores seguidos de la misma letra no difieren estadísticamente, según test de Duncan (P=0,05)

* P<0,05; ** P<0,01; ***P<0,001

Tabla 53.- Composición media en ácidos grasos minoritarios del aceite virgen elaborado en las diferentes almazaras del Priorat, ordenadas según valores decrecientes de C18:1 (período 2003-2008; n=167; volumen total = 2.069.654 litros; valores ponderados por el volumen de aceite de cada depósito analizado).

Almazara	C17:0 (%)	C17:1 (%)	C18:3 (%)	C20:0 (%)	C20:1 (%)	C22:0 (%)
Ulldemolins	0,127 a ^z	0,238 bc	0,565 d	0,370 ab	0,282 a	0,101 a
Torroja	0,106 a	0,204 d	0,563 d	0,361 ab	0,320 a	0,166 a
Cabacés	0,148 a	0,233 bc	0,585 cd	0,378 a	0,304 a	0,108 a
Vinícola	0,135 a	0,249 ab	0,584 cd	0,249 ab	0,259 a	0,094 a
La Mola	0,148 a	0,245 abc	0,617 abc	0,355 ab	0,289 a	0,106 a
Bisbal	0,101 a	0,265 a	0,608 bcd	0,341 bc	0,262 a	0,104 a
El Molar	0,114 a	0,240 bc	0,616 abc	0,318 c	0,279 a	0,097 a
Masroig	0,124 a	0,252 ab	0,638 ab	0,364 ab	0,288 a	0,108 a
La Serra	0,107 a	0,226 c	0,658 a	0,341 bc	0,279 a	0,092 a
Año						
2003	0,135 ab ^z	0,239 c	0,614 b	0,373 b	0,307 a	0,124 a
2004	0,147 a	0,273 a	0,626 b	0,331 c	0,249 c	0,087 c
2005	0,117 bc	0,260 b	0,726 a	0,318 d	0,271 b	0,087 c
2008	0,099 c	0,200 d	0,504 c	0,390 a	0,300 a	0,100 b
F almazara	4,2 ^{NS}	5,5 ^{***}	4,3 ^{**}	4,8 ^{***}	1,1 ^{NS}	1,2 ^{NS}
Variabilidad explicada (%)	15,1	7,9	5,5	10,4	3,1	3,5
F año	14,4 ^{***}	112,4 ^{***}	127,6 ^{***}	49,3 ^{***}	26,7 ^{***}	28,3 ^{***}
Variabilidad explicada (%)	19,6	61,2	61,8	40,3	29,7	32,0

^z: por columnas, valores seguidos de la misma letra no difieren estadísticamente, según test de Duncan (P=0,05)

* P<0,05; ** P<0,01; ***P<0,001; ^{NS} no significativo

Como se ha indicado al principio del presente apartado, el análisis multivariante (MANOVA) indica diferencias significativas entre almazaras, a nivel de composición global en ácidos grasos. A continuación se realiza un análisis multivariante de dichas diferencias, con el fin de evaluar hasta qué punto puede establecerse un cierto nivel de “tipicidad” en los aceites de algunas almazaras, tal y como llegan a constatar Boggia et al. (2002) en la DOP “Riviera Ligure” en Italia, donde observan hasta tres subzonas con aceites de composición química y perfil sensorial estadísticamente diferenciables.

Como se ha descrito en la metodología, se han utilizado dos técnicas multivariantes complementarias, el análisis canónico discriminante (CANDISC) y el análisis discriminante (DISCRIM y STEPDISC). El primero permite explicar hasta un 83% de varianza total con dos componentes canónicas, llegando a ser significativas hasta un total de cinco componentes canónicas.

La primera componente canónica presenta una buena correlación con las observaciones ($r = 0,869$), permite explicar hasta un 56,7% de la variabilidad total observada y está

muy relacionada con el C18:2, en el sentido positivo, y en menor medida con el C16:1 y el C16:0, mientras que el C18:1 y el C18:0 se relacionan negativamente con dicha componente canónica.

La segunda componente canónica presenta una correlación también elevada con las observaciones ($r = 0,766$), explica hasta un 26,2% de la variabilidad total y está positivamente relacionada con el C16:0, C16:1 y en menor medida con el C17:1, mientras que se relaciona en el sentido negativo con los contenidos en C18:0 y C18:1

La Figura 28 representa los valores medios de cada almazara en el espacio de las dos primeras componentes canónicas, así como una estimación de los intervalos de confianza para cada valor medio, que permiten establecer las posibilidades de solape o similitud entre la composición en ácidos grasos de aceites de cada almazara. La primera componente canónica permite separar los aceites de la zona SO del Priorat, más cercanos a la comarca vecina de Ribera d'Ebre (La Serra, Masroig y El Molar), así como una parte del intervalo de confianza de la Mola (también en la zona sur del Priorat, como puede comprobarse en la Figura 12); la segunda componente canónica separa claramente los aceites de Ulldemolins (la zona más al norte) y La Serra (la situada más al sur). Así pues, parece existir una cierta variación en la composición de los ácidos grasos de los aceites de cada almazara, que podrían estar relacionados con factores de latitud o clima, como se analiza más adelante.

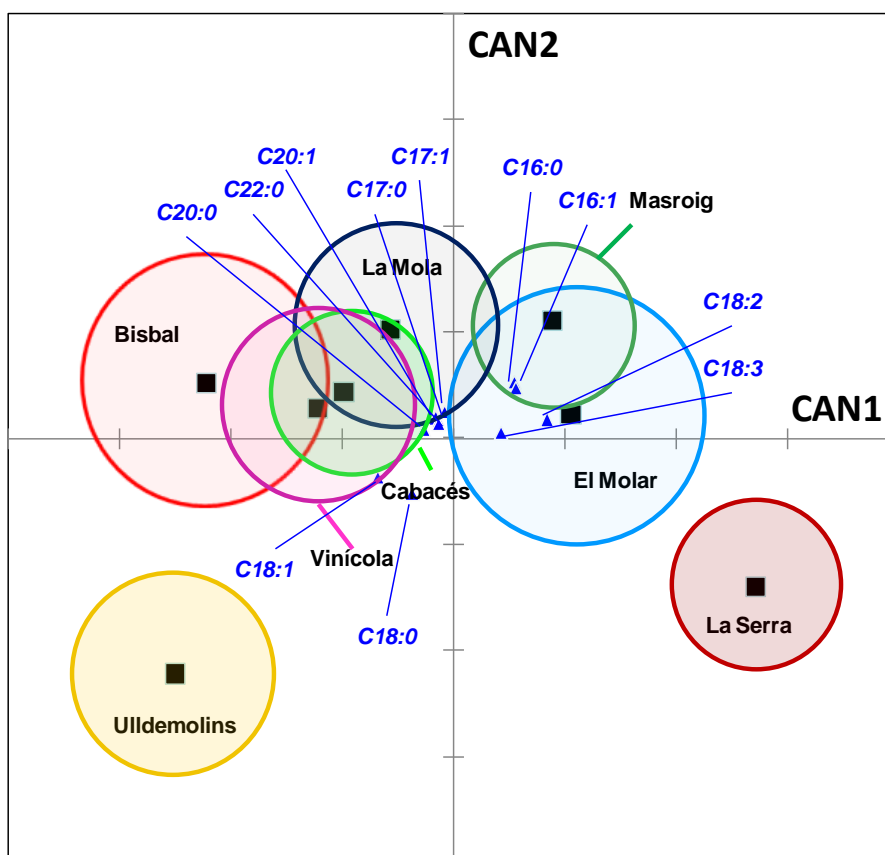


Figura 28.- Composición en ácidos grasos del aceite de las almazaras del Priorat. Representación de los valores medios de las dos primeras variables canónicas de cada población, junto con un círculo que representa el intervalo de confianza respectivo.

El análisis discriminante por pasos (STEPLDISC) permite conocer cuáles son los ácidos grasos con mayor poder discriminante. En este caso, y por orden de importancia, son los siguientes: C18:2, C16:0, C17:1 y, en menor medida, C20:0, C18:0, C16:1, C18:3 y C17:0.

Por otra parte, el análisis discriminante permite calcular las distancias cuadradas entre almazaras (a nivel de composición en ácidos grasos), que oscilan entre 31,4 (La Serra-Bisbal) y 1,5 (Cabacés-Vinícola). También, este análisis calcula funciones matemáticas discriminantes para cada una de estas almazaras, que permiten estimar la probabilidad de clasificar correctamente una muestra de aceite como perteneciente a su almazara correspondiente; siendo el error de clasificación un buen estimador del nivel de “tipicidad” de cada almazara (Tabla 54). En este sentido, los aceites de La Serra y Bisbal son los que presentan una mayor “tipicidad”, con un error de clasificación inferior al 20%; Masroig, Vinícola, Ulldemolins y La Mola presentan errores entre el

20-30%; finalmente, El Molar y Cabacés presentan aceites poco característicos, con errores de clasificación superiores al 45%.

La mayor parte de errores de clasificación son explicables por la proximidad de las zonas. Sin embargo, algunos no lo son, como el caso de algunas muestras de la cooperativa de Ulldemolins que han presentado composición similar a la típica de Masroig o de la almazara de La Mola (en el municipio de Marçà), cuando se trata de zonas muy alejadas y de latitudes distintas. En estos casos, es posible que exista algún otro factor que determine dichas anomalías en la composición de ácidos grasos, como una maduración extrema (demasiado verde o demasiado madura).

Tabla 54.- Errores de clasificación del análisis canónico discriminante de la composición en ácidos grasos de los aceites producidos en las diferentes almazaras del Priorat, ordenadas por error creciente de clasificación (período 2003-2008; n=167).

Almazara	Error (%)	Intervalo de confianza de las variables canónicas medias	Almazaras que han producido algún aceite de composición similar
La Serra	3,5	0,80	El Molar
Bisbal	18,2	1,29	Uldemolins, Cabacés
Masroig	22,5	0,68	El Molar, <u>Cabacés</u> ^z , La Mola, <u>Ulldemolins</u>
Vinícola	23,5	1,04	<u>Masroig</u> , Cabacés, Ulldemolins
Ulldemolins	26,3	0,98	Cabacés
La Mola	26,7	1,11	Cabacés, Masroig, <u>Bisbal</u> , <u>Ulldemolins</u>
El Molar	45,5	1,29	Masroig, Cabacés, <u>Bisbal</u> , La Serra
Cabacés	52,2	0,89	Vinícola, La Mola

z: las almazaras subrayadas indican una clasificación no esperada por proximidad o latitud (zonas de influencia demasiado alejadas).

La Tabla 55 presenta los valores de correlación entre ácidos grasos mayoritarios y diferentes factores de zona, clima, cultivo y características del fruto. Dichos valores sugieren que las diferencias observadas entre almazaras están relacionadas con factores de climatología y algunas técnicas de cultivo, como el abonado y el riego. En efecto, el contenido en el ácido graso mayoritario (oleico C18:1) presenta una elevada correlación positiva con la altitud y latitud de la zona y el abonado NPK, mientras que está inversamente relacionado con la temperatura media, la ETP y la dosis de riego, así como con factores dependientes del anterior (peso del fruto, relación pulpa/hueso y humedad). Los contenidos en ácido linoleico (C18:2), palmítico (C16:0) y palmitoleico (C16:1) presentan las mismas correlaciones, pero en sentido inverso al descrito.

Estos resultados están de acuerdo con los estudios realizados en Italia por Tombesi y Antaras (1998), que observaron mayores contenidos de ácido oleico (C18:1) en zonas

septentrionales, así como en parcelas abonadas con nitrógeno. También Sadeghi y Talaii (2002) describen un aumento del contenido en ácido oleico en zonas frías y de ácido linoleico en zonas cálidas; en el mismo sentido, Borgi (2004) observa una menor relación $\frac{C18:1}{C18:2+C16:0}$ en zonas cálidas, que coincide con lo observado en el Priorat, donde dicha relación de ácidos grasos presenta una elevada correlación negativa con la temperatura anual media ($r = -0,874$). Por otra parte, Simoes et al. (2002), estudiando la variedad ‘Carrasquenha’, observaron una disminución del contenido en ácidos saturados al aumentar las dosis de N y K, de acuerdo con lo observado en el presente estudio. Vossen et al. (2008) y Berenguer et al. (2006), en un ensayo de riego con la variedad ‘Arbequina’ en California, observaron menores contenidos en ácidos monoinsaturados al aumentar la dosis de riego, lo que concuerda con nuestras observaciones: sin embargo, Tovar et al. (2002a) en otro ensayo de riego deficitario en Les Garrigues, con la misma variedad, no observan diferencias significativas equivalentes, como tampoco lo hacen Salas et al. (1997), en un ensayo de riego con la variedad ‘Picual’ en Andalucía, también con bajas dosis de agua.

Romero et al. (2003), estudiando las variaciones de los aceites de ‘Arbequina’ en Les Garrigues, durante cuatro campañas sucesivas, observan una clara relación entre la composición en ácidos grasos y la lluvia acumulada, que nuestros resultados no permiten corroborar, aunque los valores de correlación observados son de tipo medio ($r = -0,53$ para el contenido en ácidos grasos saturados). Sin embargo, la fuerte correlación observada con la ETP podría también denotar la importancia del nivel de estrés hídrico sobre dichos compuestos. También Angerosa et al. (1996b), estudiando aceites italianos de diferentes zonas y variedades, llegan a la conclusión de que la composición acídica está muy relacionada con la lluvia acumulada, así como con las temperaturas de otoño. De forma similar, D’Imperio et al. (2007) observan una clara diferenciación de aceites italianos de la zona del Lazio, relacionada con el reigo.

Tabla 55.- Coeficiente de correlación de Pearson entre valores medios de ácidos grasos mayoritarios y diferentes parámetros relacionados con la zona de producción, climatología, técnicas de cultivo y características del fruto (datos medios de cada almazara, durante el período 2003-2008; realzados en color los valores de correlación superiores a +/- 0,6).

		C16:0 (%)	C16:1 (%)	C18:0 (%)	C18:1 (%)	C18:2 (%)	SAT	MUFA	PUFA	SAT/PUFA
Zona	altitud (m)	-0,855	-0,806	0,559	0,762	-0,833	-0,891	0,745	-0,831	0,670
	latitud (°N)	-0,609	-0,689	0,596	0,633	-0,659	-0,577	0,619	-0,654	0,609
	longitud (°E)	-0,592	-0,585	0,586	0,626	-0,684	-0,613	0,618	-0,687	0,644
Clima	Radiacion neta (MJ/m2)	0,526	0,767	-0,321	-0,255	0,281	0,596	-0,188	0,276	0,141
	T anual (°C)	0,937	0,914	-0,709	-0,827	0,789	0,964	-0,800	0,787	-0,450
	T Enero (°C)	0,715	0,840	-0,630	-0,567	0,550	0,735	-0,523	0,548	-0,257
	T Julio (°C)	0,314	0,079	0,074	-0,282	0,201	0,364	-0,302	0,198	0,027
	T Enero-T Julio (°C)	-0,207	-0,451	0,428	0,137	-0,184	-0,185	0,096	-0,185	0,165
	T verano (°C)	0,683	0,463	-0,365	-0,669	0,597	0,711	-0,682	0,595	-0,349
	T otoño (°C)	0,672	0,495	-0,274	-0,575	0,467	0,724	-0,574	0,464	-0,100
	T invierno (°C)	0,727	0,882	-0,755	-0,625	0,651	0,724	-0,581	0,650	-0,456
	riego+lluvia (mm)	-0,016	0,099	-0,413	-0,082	0,081	-0,091	-0,078	0,085	-0,282
	lluvia (mm)	-0,536	-0,375	0,481	0,499	-0,221	-0,532	0,506	-0,222	-0,089
	ETP (mm)	0,891	0,802	-0,587	-0,794	0,751	0,927	-0,778	0,748	-0,410
	Índice hídrico	-0,569	-0,504	0,208	0,390	-0,248	-0,633	0,369	-0,245	-0,196
	Índice de humedad	-0,176	0,007	-0,266	0,086	-0,009	-0,246	0,096	-0,005	-0,263
	Índice de aridez	0,558	0,635	-0,495	-0,416	0,307	0,576	-0,381	0,306	0,006
Índice de concentración estival	-0,214	-0,472	0,338	0,092	-0,138	-0,214	0,044	-0,137	0,043	
Técnicas de cultivo	riego (m3/ha)	0,578	0,657	-0,767	-0,627	0,625	0,493	-0,611	0,627	-0,635
	densidad (olivos/ha)	-0,046	-0,104	0,092	0,215	-0,390	0,006	0,226	-0,385	0,557
	edad (<50años)	0,227	0,511	-0,414	-0,238	0,229	0,226	-0,200	0,234	-0,184
	cultivo en llanos (%)	0,525	0,661	-0,609	-0,445	0,380	0,498	-0,412	0,382	-0,244
	UFN (kg/ha)	-0,953	-0,892	0,902	0,876	-0,821	-0,948	0,858	-0,821	0,621
	UFP (kg/ha)	-0,951	-0,923	0,909	0,869	-0,844	-0,947	0,846	-0,843	0,662
	U FK (kg/ha)	-0,913	-0,792	0,781	0,835	-0,775	-0,904	0,826	-0,772	0,563
	labrar (%)	0,329	0,480	-0,374	-0,447	0,619	0,274	-0,436	0,613	-0,698
	poda Bellaguarda (%)	0,049	-0,259	0,178	0,033	-0,311	0,120	0,010	-0,308	0,556
	poda tradicional (%)	0,110	0,411	-0,336	-0,166	0,447	0,040	-0,137	0,445	-0,652
	poda anual (%)	-0,528	-0,776	0,690	0,531	-0,769	-0,503	0,490	-0,770	0,797
Fruto	Arbequina (%)	-0,493	-0,501	0,346	0,623	-0,729	-0,484	0,630	-0,727	0,732
	im (0-7)	-0,384	-0,302	0,528	0,143	-0,063	-0,370	0,119	-0,063	-0,055
	peso fruto (g)	0,780	0,841	-0,640	-0,761	0,880	0,794	-0,741	0,880	-0,795
	pulpa/hueso	0,781	0,792	-0,744	-0,655	0,715	0,782	-0,629	0,714	-0,596
	aceite (% ss)	-0,203	-0,465	0,323	0,299	-0,411	-0,175	0,278	-0,413	0,494
	humedad (%)	0,773	0,872	-0,761	-0,720	0,813	0,754	-0,693	0,812	-0,750
	aceite (% sh)	-0,641	-0,812	0,686	0,621	-0,731	-0,616	0,592	-0,730	0,712

5.6.4.2. Variaciones en el contenido en polifenoles, amargor y estabilidad

El análisis de la varianza (ANOVA) indica diferencias significativas entre almazaras y años, para el contenido en polifenoles totales, el índice de amargor (K_{225}) y la estabilidad (Tabla 56). Los tres parámetros están interrelacionados; así el contenido en polifenoles totales presenta una elevada correlación positiva con la estabilidad ($r = 0,84$) y con el amargor ($r = 0,73$), de acuerdo con los resultados de Gutiérrez et al. (1997), Salas et al. (1997) y Salvador et al. (2001), entre otros.

En este mismo sentido, en el año 2004 el contenido en polifenoles fue significativamente superior a los otros años, resultando en una mayor estabilidad e índice de amargor, siendo también el año que menor contenido en ácido oleico y mayor de ácido linoleico presentaron los aceites de la zona. Este año no resultó ser el de menor pluviometría, pero sí el de mayor temperatura media durante el inicio del invierno (octubre) y en todo el Priorat, con $16,8^{\circ}\text{C}$ de media, frente a los $13,9^{\circ}\text{C}$ del año 2003 y los $15,8^{\circ}\text{C}$ del 2005. La mayor temperatura en esta época también permitiría explicar el mayor nivel de ácidos grasos polinsaturados observados ese mismo año, de acuerdo con Sadeghi y Talaii (2002), que observan mayores contenidos en ácido linoleico en zonas más cálidas.

Tabla 56.- Composición media en polifenoles totales, amargor (K₂₂₅) y estabilidad (Rancimat) del aceite virgen elaborado, por sistema de 2fases, en las diferentes almazaras del Priorat, ordenadas según valores decrecientes de polifenoles (período 2003-2005; n=132; volumen total = 1.610.004 litros; valores ponderados por el volumen de aceite de cada depósito analizado).

Almazara	Polifenoles (mg/kg ác. cafeico)	Amargor (K ₂₂₅)	Estabilidad (h a 120°C)
Vinícola	207 a ^z	0,203 b	7,67 a
La Serra	187 ab	0,232 a	6,57 bc
Torroja	186 ab	0,185 b	6,45 bc
Bisbal	173 ab	0,197 b	7,26 ab
Masroig	172 ab	0,189 b	5,97 cd
El Molar	161 b	0,185 b	6,02 cd
La Mola	158 b	0,147 cd	5,57 cd
Cabacés	154 b	0,173 bc	6,00 cd
Ulldemolins	151 b	0,143 d	5,17 d
Año			
2003	159 b ^z	0,179 b	5,76 b
2004	185 a	0,198 a	6,92 a
2005	169 b	0,170 b	5,88 b
F almazara	3,0**	15,9***	5,9***
Variabilidad explicada (%)	15,1	47,8	23,1
F año	3,6*	7,6**	9,9**
Variabilidad explicada (%)	4,5	5,7	9,7

^z: por columnas, valores seguidos de la misma letra no difieren estadísticamente, según test de Duncan (P=0,05)

* P<0,05; ** P<0,01; ***P<0,001; ^{NS} no significativo

La Tabla 57 presenta las correlaciones observadas entre los contenidos de polifenoles totales, amargor, estabilidad y susceptibilidad oxidativa con diferentes parámetros de ubicación, climáticos, técnicas de cultivo, fruto y proceso extractivo.

Los valores de correlación indican que la **altitud y la latitud** están inversamente relacionadas con la susceptibilidad oxidativa, de acuerdo con lo observado para los contenidos en ácidos grasos. La correlación negativa observada entre índice de amargor y la altitud parece estar más relacionada con la mayor proporción de frutos de variedades distintas de ‘Arbequina’ que se observa en las cooperativas del SO, situadas en zonas de menor altitud (La Serra y El Molar), algunas de las cuales (‘Empeltre’, o ‘Farga’) suelen presentar aceites con un mayor índice de amargor que ‘Arbequina’ a la vez que tienen más ácidos grasos polinsaturados y también son variedades con frutos de mayor tamaño y relación pulpa/hueso (Tous et al., 2005a), lo que explicaría las correlaciones observadas a nivel de susceptibilidad oxidativa.

Respecto del posible efecto del **clima**, el calor estival parece implicar un aumento de polifenoles, amargor y estabilidad, de acuerdo con lo observado por Tombesi y Antaras (1998); mientras que las elevadas temperaturas durante la época de maduración de las aceitunas induce una mayor susceptibilidad oxidativa. Por otra parte, Tura et al. (2008) sugieren una relación directa entre temperatura media de octubre y el contenido en polifenoles, que coincide con la elevada correlación positiva observada en el presente proyecto de tesis en la zona Priorat ($r=0,985$), como ya se ha comentado al inicio de este apartado. Los resultados también indican que valores elevados de ETP están relacionados con un mayor amargor en los aceites, mientras que la lluvia tiene un efecto contrario, disminuyendo el nivel de polifenoles y la estabilidad, todo lo cual estaría en concordancia con las observaciones de Romero et al. (2003) en Les Garrigues. En el mismo sentido, Sofo et al. (2005) proponen que en las zonas de mayor estrés hídrico se limita la acción de la polifenoloxidasas, a nivel de árbol, lo que favorece la acumulación de polifenoles no oxidados.

En relación a las **técnicas de cultivo**, el riego parece estar relacionado con una mayor susceptibilidad oxidativa, mientras que el abonado NPK parece disminuirla, de acuerdo con lo observado por Simões et al. (2002), aunque dichos autores también describen un aumento de estabilidad que nuestros datos contradicen; ya que parece existir una correlación negativa entre el abonado NPK y el contenido en polifenoles totales, el índice de amargor y la estabilidad Rancimat, lo cual concuerda con lo descrito por Fernández-Escobar et al. (2002). El hecho de que el contenido en polifenoles y estabilidad no presenten una relación significativa con las dosis de riego, mientras que sí que están relacionadas con la pluviometría, coincide con lo propuesto por Berenguer et al. (2006), en un ensayo de riego con ‘Arbequina’ en California, donde sugieren que cabe esperar mayores diferencias a nivel de polifenoles y estabilidad entre años que entre dosis de riego. Resultados parecidos obtuvieron anteriormente Motilva et al. (2002) y Tovar et al. (2002a y 2002b) con ‘Arbequina’ en Les Garrigues y Salas et al. (1997), en un ensayo de riego con la variedad ‘Picual’ en Andalucía; en ambos ensayos sólo se observaron diferencias significativas en los tratamientos no regados. Sin embargo, trabajos anteriores con la variedad ‘Arbequina’ habían demostrado que las dosis crecientes de riego sí que tienen un claro efecto sobre la composición cualitativa de la fracción de polifenoles (Tovar et al., 2001b).

Finalmente, a nivel de **proceso de extracción**, la temperatura de batido, dentro del rango habitual utilizado en la zona Priorat (valores medios entre 24 y 32°C), parece promover la acumulación de polifenoles, con el consiguiente aumento de amargor y estabilidad Rancimat. Estas observaciones no coinciden plenamente con las de Beltrán y Jiménez (2002), que también describen un aumento del K_{225} con la temperatura, aunque observan una disminución del contenido en polifenoles y estabilidad con dicho parámetro; sin embargo, el rango de temperaturas estudiado por dichos investigadores (30-50°C) es muy superior al observado en el Priorat, lo que coincidiría con lo observado por Amirante et al. (2001) y por Ranalli et al. (2005), en el sentido de que temperaturas de batido de 32°C inducirían mayor contenido de polifenoles y estabilidad que a 27°C o menos, mientras que a 35°C los polifenoles disminuirían considerablemente.

Respecto de la elevada correlación positiva entre temperatura de batido y susceptibilidad oxidativa, no parece existir una razón tecnológica que lo justifique, ya que dicho parámetro depende únicamente de la composición en ácidos grasos insaturados del aceite, de manera que debe considerarse como una correlación sin relación causa-efecto real, siendo de suponer que existe otra variable responsable de dichas relaciones.

Tabla 57.- Coeficiente de correlación de Pearson entre valores medios de polifenoles totales, amargor (K₂₂₅), estabilidad Rancimat y susceptibilidad oxidativa y diferentes parámetros relacionados con la zona de producción, climatología, técnicas de cultivo, características del fruto y condiciones de proceso extractivo (datos medios de cada almazara, durante el período 2003-2008; realzados en color los valores de correlación superiores a +/- 0,6).

		Polifenoles (mg/kg)	Amargor (K ₂₂₅)	Estabilidad (h 120°C)	Susceptibilidad oxidativa
Zona	altitud (m)	-0,263	-0,660	-0,194	-0,830
	latitud (°N)	-0,014	-0,282	0,002	-0,648
	longitud (°E)	0,432	-0,112	0,351	-0,691
Clima	Radiacion neta (MJ/m ²)	0,343	-0,017	-0,046	0,273
	T anual (°C)	0,399	0,577	0,321	0,782
	T Enero (°C)	0,256	0,152	0,067	0,545
	T Julio (°C)	0,603	0,831	0,516	0,190
	T Enero-Julio (°C)	0,265	0,497	0,326	-0,188
	T verano (°C)	0,471	0,864	0,544	0,588
	T otoño (°C)	0,719	0,890	0,578	0,455
	T invierno (°C)	-0,004	-0,008	-0,059	0,650
	riego+lluvia (mm)	-0,569	-0,562	-0,196	0,089
	lluvia (mm)	-0,629	-0,582	-0,776	-0,212
	ETP (mm)	0,480	0,725	0,402	0,742
	Índice hídrico	-0,845	-0,681	-0,502	-0,235
	Índice de humedad	-0,722	-0,758	-0,438	0,003
	Índice de aridez	0,416	0,187	0,243	0,301
Índice de concentración estival	0,100	0,423	0,317	-0,140	
Técnicas de cultivo	riego (m ³ /ha)	0,144	0,093	0,298	0,627
	densidad (olivos/ha)	0,268	-0,027	0,208	-0,383
	edad (% <50 años)	-0,187	-0,475	-0,367	0,241
	cultivo en llanos (%)	0,287	0,023	0,242	0,382
	UFN (kg/ha)	-0,520	-0,606	-0,586	-0,816
	UFP (kg/ha)	-0,470	-0,553	-0,522	-0,839
	UFK (kg/ha)	-0,668	-0,779	-0,720	-0,762
	labrar (%)	-0,152	0,048	-0,155	0,611
	poda Bellaguarda (%)	0,355	0,483	0,462	-0,315
	poda tradicional (%)	-0,368	-0,445	-0,418	0,452
poda anual (%)	0,539	0,351	0,448	-0,779	
Fruto	Arbequina (%)	-0,374	-0,697	-0,221	-0,727
	im (0-7)	0,278	0,199	-0,154	-0,061
	peso fruto (g)	0,176	0,527	0,043	0,882
	pulpa/hueso	0,020	0,332	0,125	0,714
	aceite (% ss)	-0,074	0,080	0,281	-0,419
	humedad (%)	0,147	0,351	0,089	0,813
aceite (%sh)	-0,099	-0,189	0,054	-0,733	
Proceso extractivo	T batido (°C)	0,731	0,884	0,708	0,762
	Tiempo de batido (min)	-0,167	-0,229	0,175	-0,192
	ritmo inyección (%)	0,227	0,353	-0,059	0,395
	inyección agua (%)	0,061	0,163	0,112	-0,328
	T Cent.Vert. (°C)	-0,140	-0,008	-0,221	-0,094
	perdida en orujo (%)	0,023	0,173	0,154	0,511

5.6.4.3. Variaciones en el contenido en esteroides y compuestos menores

El análisis de la varianza (ANOVA) indica diferencias significativas entre almazaras y años para el contenido de estigmasterol y campesterol, mientras que el Δ_7 -avenasterol sólo muestra diferencias entre almazaras (Tabla 58). Con respecto al contenido de esteroides totales (Tabla 59), los resultados no pueden considerarse como concluyentes, dado que sólo se dispone de una serie de análisis para el año 2004.

El contenido en ceras (Tabla 59) también presenta diferencias significativas entre almazaras y, más especialmente, entre años. Los datos sugieren una relación inversa con la latitud ($r = -0,57$). En efecto, el grupo de municipios de latitud superior a $41,2^\circ$ (Cabacés, La Bisbal, Torroja y Ulldemolins) presentan unos aceites con un menor contenido en ceras. Estos resultados concuerdan con otros obtenidos por nuestro grupo, a nivel de aceites de ‘Arbequina’ producidos en distintas zonas de España, desde Andalucía hasta La Rioja y Navarra, donde los aceites de latitudes superiores presentaban menores contenidos en ceras (datos no publicados).

Tabla 58.- Composición media en esteroides del aceite virgen elaborado en las diferentes almazaras del Priorat, ordenadas según valores decrecientes de esteroides totales (periodo 2004-2008; n=63; volumen total = 526.000 litros; valores ponderados por el volumen de aceite de cada depósito analizado).

Almazara	Colesterol (%)	Campesterol (%)	Estigmasterol (%)	β -Sitosterol aparente (%)	Δ_7 -Estigmastenol (%)	Δ_7 -Avenasterol (%)
El Molar	0,081 a ^z	3,45 a	0,670 ab	94,4 a	0,142 a	0,291 bc
Ulldemolins	0,086 a	3,32 a	0,520 c	94,7 a	0,104 a	0,233 c
Masroig	0,110 a	3,33 a	0,642 b	94,7 a	0,104 a	0,273 c
Cabacés	0,071 a	3,39 a	0,651 b	94,8 a	0,102 a	0,158 d
La Serra	0,118 a	3,19 ab	0,610 b	94,8 a	0,155 a	0,341 ab
Bisbal	0,169 a	3,18 ab	0,604 b	94,4 a	0,148 a	0,270 c
Vinícola	0,142 a	3,00 b	0,609 b	94,7 a	0,094 a	0,223 c
La Mola	0,076 a	3,36 a	0,726 a	94,7 a	0,113 a	0,363 a
Torroja	--	--	--	--	--	--
Año						
2004	0,159 a ^z	2,95 b	0,562 b	94,6 a	0,116 a	0,256 a
2008	0,065 b	3,50 a	0,660 a	94,7 a	0,116 a	0,260 a
F almazara	0,9 ^{NS}	2,6*	6,4***	0,7 ^{NS}	1,1 ^{NS}	9,8***
Variabilidad explicada (%)	6,0	13,2	32,8	7,8	12,7	57,2
F año	31,9***	66,6***	34,8***	0,5 ^{NS}	0,7 ^{NS}	3,3 ^{NS}
Variabilidad explicada (%)	30,7	48,0	25,5	0,8	1,1	2,7

^z: por columnas, valores seguidos de la misma letra no difieren estadísticamente, según test de Duncan (P=0,05)

* P<0,05; ** P<0,01; ***P<0,001; ^{NS} no significativo

Tabla 59.- Composición media en esteroides totales y ceras del aceite virgen elaborado en las diferentes almazaras del Priorat, ordenadas según valores decrecientes de esteroides totales (período 2004-2008; n=63; volumen total = 526.000 litros; valores ponderados por el volumen de aceite de cada depósito analizado).

Almazara	Esteroides totales (mg/kg)	Ceras (mg/kg)
Cabacés	2360 a ^z	64,8 cd
Bisbal	1948 a	56,1 d
Masroig	1696 a	80,5 abc
La Serra	1453 a	70,9 bcd
Vinícola	1266 a	95,8 a
El Molar	--	89,9 ab
La Mola	--	88,4 abc
Ulldemolins	--	71,4 bcd
Torroja	--	54,3 d
Año		
2003	--	42,6 a ^z
2004	1558	74,7 b
2008	--	127,7 a
F <i>almazara</i>	1,9 ^{NS}	5,4***
Variabilidad explicada (%)	34,9	7,8
F <i>año</i>	--	195,9***
Variabilidad explicada (%)	--	71,1

^z: por columnas, valores seguidos de la misma letra no difieren estadísticamente, según test de Duncan (P=0,05)

* P<0,05; ** P<0,01; ***P<0,001; ^{NS} no significativo

Como ya se ha citado anteriormente, el análisis multivariante indica diferencias significativas entre la composición global en esteroides de los aceites de las distintas almazaras (λ Wilks=0,079 P<0,0001). A continuación se analizan dichas diferencias, mediante técnicas de análisis discriminante y canónico discriminante.

El análisis discriminante permite calcular las distancias entre grupos, que oscilan entre 3,2 (Vinícola-Masroig) y 28,7 (La Mola-Ulldemolins), como puede observarse en la Figura 29. Por otra parte, se observa un cierto nivel de “tipicidad” en algunos aceites (Tabla 60); en efecto, El Molar, La Serra, La Mola, Ulldemolins y Cabacés presentan unos errores de clasificación de muestras entre 20-30%; Bisbal presenta un error de 33%; finalmente, Vinícola y La Serra muestran unos errores de clasificación muy elevados, superiores al 60%.

La mayor parte de errores de clasificación son explicables por la proximidad de las zonas. Sin embargo, algunos no lo son, como el caso de algunas muestras de la cooperativa de Masroig que han presentado composición similar a la típica de

Ulldemolins o de la almazara de La Bisbal, cuando se trata de zonas alejadas y de latitudes distintas. En estos casos, es posible que exista algún otro factor que determine dichas anomalías en la composición de esteroides, como unas condiciones de extracción similares, en determinados lotes, principalmente temperatura y tiempo de batido, como se discute más adelante. Así, como se mostraba en la Tabla 28, las almazaras de La Serra y El Molar tienden a realizar batidos a elevada temperatura, similar a la aplicada en La Bisbal, mientras que Masroig y Ulldemolins tienen decánters de capacidad similar y tienden a realizar batidos de corta duración.

Tabla 60.- Errores de clasificación del análisis canónico discriminante de la composición en esteroides de los aceites producidos en las diferentes almazaras del Priorat, ordenadas por error creciente de clasificación (período 2003-2008; n=167).

Almazara	Error (%)	Intervalo de confianza de las variables canónicas medias	Almazaras que han producido algún aceite de composición similar
El Molar	20,0	1,99	Masroig, Cabacés
La Serra	25,0	1,29	Masroig
La Mola	25,0	2,23	Masroig
Ulldemolins	27,3	1,34	Vinícola, <u>Masroig</u> ^z
Cabacés	28,6	1,68	Vinícola
Bisbal	33,3	2,57	<u>Masroig</u> , Cabacés, Ulldemolins, <u>El Molar</u> , <u>La Serra</u>
Vinícola	60,0	1,99	Masroig
Masroig	83,3	1,29	El Molar, Bisbal, La Mola, La Serra, Ulldemolins, Vinícola

z: las almazaras subrayadas indican una clasificación no esperada por proximidad o latitud (zonas de influencia demasiado alejadas).

El análisis discriminante por pasos indica que el mayor poder de separación lo confieren los contenidos en Δ_7 -avenasterol, estigmasterol, campesterol y β -sitosterol. Esto coincide con el hecho observable en la Figura 29, donde los valores medios de cada almazara parecen ordenarse sobre el eje que marca el contenido en Δ_7 -avenasterol, que es máximo en La Serra y mínimo en Cabacés (Tabla 58); el valor medio para La Mola correspondería a valores elevados de dicho esteroide, mientras que Ulldemolins presenta valores similares a los de Cabacés y su ubicación fuera del eje descrito (Ulldemolins-Cabacés) se debe a variaciones significativas de otros esteroides.

Por otra parte, el análisis canónico discriminante permite explicar hasta un 87% de varianza total con dos componentes canónicas. La primera componente canónica presenta una buena correlación con las observaciones ($r = 0,843$) y está muy relacionada

con el Δ_7 -avenasterol, el estigmasterol y el β -sitosterol, en el sentido positivo. En menor medida, dicha componente también se relaciona con el colesterol, en el sentido positivo, así como con el campesterol y el Δ_7 -estigmasterol en el sentido negativo. La segunda componente canónica presenta una correlación también elevada ($r = 0,747$) y está positivamente relacionada con el estigmasterol, y en menor medida con el β -sitosterol, Δ_7 -estigmasterol y colesterol; mientras que se relaciona en el sentido negativo con los contenidos en Δ_7 -avenasterol y el campesterol.

Como en el caso de los ácidos grasos, aunque con mucha menor precisión, también aquí la primera variable canónica (CAN1) permite separar los aceites de las almazaras de la zona sur del Priorat (La Serra, La Mola, masroig y El Molar) en relación al resto (Figura 29), mientras que la segunda variable canónica (CAN2) separa los aceites de las almazaras situadas más al norte (Ulldemolins) y más al sur (La Serra); sin embargo, los intervalos de confianza son muy amplios y esta diferenciación debe considerarse como meramente orientativa.

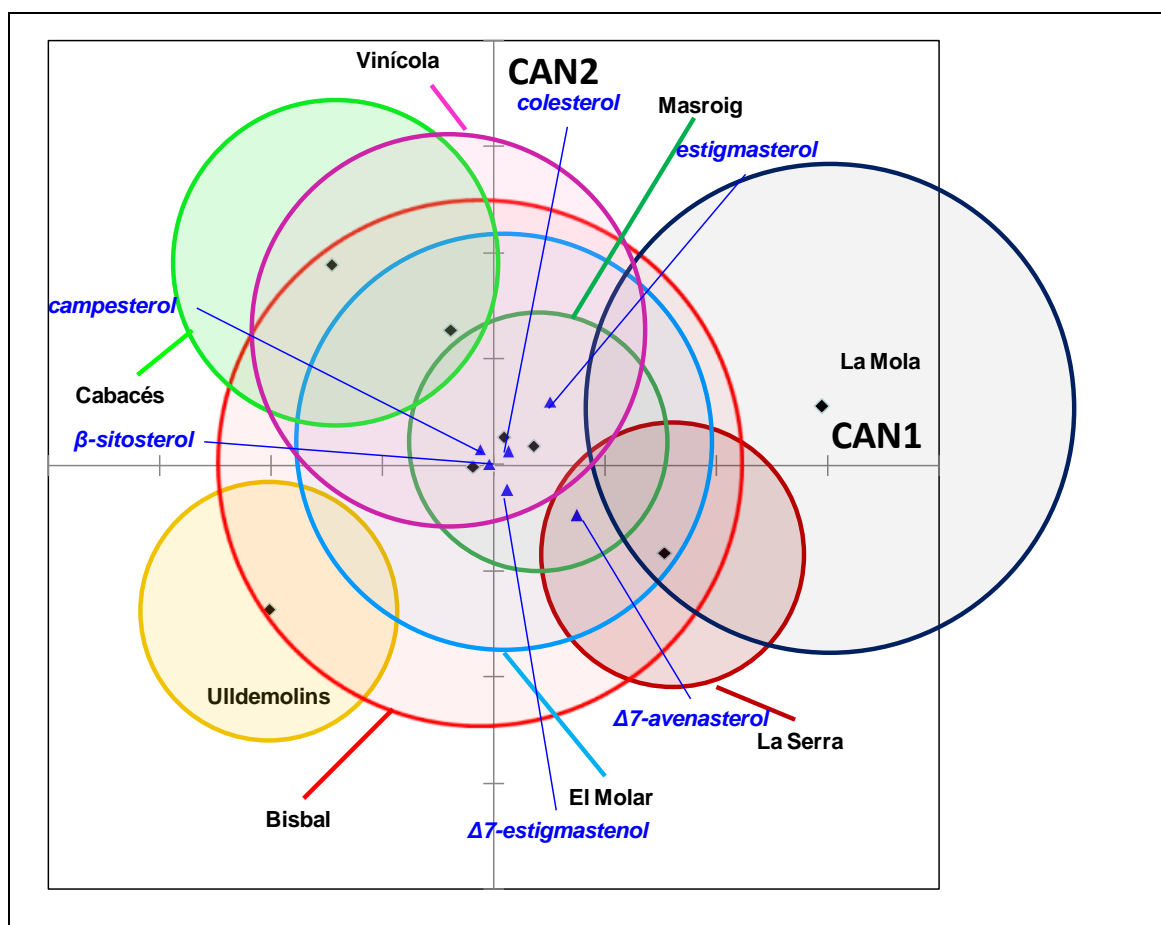


Figura 29.- Composición en esteroides del aceite de las almazaras del Priorat. Representación de los valores medios de las dos primeras variables canónicas de cada población, junto con un círculo que representa el intervalo de confianza respectivo.

Sin embargo, es evidente que el poder discriminante de la composición en esteroides es claramente inferior al obtenido con los ácidos grasos, quizás debido en parte al menor número de datos disponibles para el análisis.

La Tabla 61 presenta los valores calculados de correlación de Pearson entre los contenidos en ceras, esteroides y compuestos alifáticos, con diferentes factores de zona, clima, técnicas de cultivo, fruto y proceso extractivo.

Con respecto al contenido de **ceras**, su concentración en el aceite parece estar relacionada con las técnicas de cultivo, especialmente el riego y aquellas técnicas que pueden favorecer el crecimiento del fruto (como la poda tradicional), todo lo cual está de acuerdo con el análisis de varianza que indica que el factor año llega a explicar hasta el 71% de la variabilidad total observada. También se observa una cierta correlación inversa con la latitud, ya comentada anteriormente, y que coincide con las observaciones realizadas en Australia por Mailer et al. (2010).

Los **esteroides totales** parecen más relacionados con factores de latitud y de cultivo; la primera relación indica un mayor contenido total de esteroides a mayor latitud, lo que coincide con lo observado por Romero-Aroca et al. (2011) para la variedad 'Empeltre' en el valle del Ebro; por otra parte, la relación observada con factores de cultivo parece menos consistente, tanto por la falta de datos como por que no coincide con los resultados obtenidos por Vossen et al. (2008) en un ensayo de riego en 'Arbequina' en California, donde se observó un mayor nivel de esteroides totales en las dosis mayores de riego, al contrario de lo observado en la presente tesis. Por otra parte, la **composición cualitativa en esteroides** parece relacionada con más factores; así, el estigmasterol, aumenta en zonas de mayor temperatura media anual y menor pluviometría, así como en olivares jóvenes o donde se aplican técnicas de cultivo que favorecen una elevada relación pulpa/hueso o frutos de mayor contenido en humedad, disminuyendo en plantaciones con un cierto déficit de abonado NPK. También, parece existir un cierto efecto de los procesos de extracción, particularmente de la adición de agua en el decanter, lo que puede explicarse por motivo de que dicha agua se sitúa entre la fase aceite y la fase orujo, impidiendo el paso de esteroides hacia el aceite. Nuestras observaciones coinciden con las de El Antari et al. (2000), en Marruecos y trabajando con la variedad 'Picholine marrocaïne', que observaron mayores niveles de Δ_5 -avenasterol en zonas de riego, mayores niveles de campesterol en frutos de menor

maduración y contenidos de alcoholes alifáticos más elevados en zonas de menor latitud.

Finalmente, los contenidos de **compuestos alifáticos** también parecen aumentar en zonas cálidas y de baja pluviometría o con bajos niveles de abonado NPK, así como con procesos de extracción a temperaturas cercanas a 30°C. También se observa un marcado efecto varietal, siendo menor su contenido en aquellos aceites elaborados con una mayor proporción de la variedad 'Arbequina', lo que concuerda con las observaciones de Aparicio y Luna (2002) al detectar mayores contenidos de alcoholes alifáticos en la variedad 'Farga', respecto de 'Arbequina'.

Tabla 61.- Coeficiente de correlación de Pearson entre valores medios de ceras, esteroides y compuestos alifáticos y diferentes parámetros relacionados con la zona de producción, climatología, técnicas de cultivo, características del fruto y condiciones de proceso extractivo (datos medios de cada almazara, durante el período 2003-2008; realzados en color los valores de correlación superiores a +/- 0,6).

		Ceras (mg/kg)	Esteroides totales (mg/kg)	Coles- terol (%)	Campes- terol (%)	Estig- masterol (%)	β-Sitos- terol (%)	Estigmas- terol (%)	Δ ⁷ - Avenas- terol (%)	Comp. Alifáticos (mg/kg)
Zona	altitud (m)	-0,192	0,178	-0,121	0,009	-0,297	-0,234	0,153	-0,121	-0,529
	latitud (°N)	-0,573	0,819	-0,050	-0,443	-0,459	0,170	-0,119	-0,394	-0,545
	longitud (°E)	0,022	-0,448	0,454	-0,558	-0,488	0,152	-0,140	-0,409	0,006
Clima	Radiación neta (MJ/m ²)	0,250	--	--	--	--	--	--	--	--
	T anual (°C)	0,227	--	0,219	-0,061	0,674	0,099	-0,640	0,455	0,935
	T Enero (°C)	0,385	--	-0,109	0,267	0,956	0,222	-0,480	0,872	0,977
	T Julio (°C)	-0,501	--	0,526	-0,514	-0,412	-0,161	-0,337	-0,649	0,063
	T Enero-Julio (°C)	-0,585	--	0,430	-0,514	-0,843	-0,244	0,049	-0,958	-0,548
	T verano (°C)	-0,206	--	0,562	-0,490	-0,039	-0,161	-0,458	-0,314	0,451
	T otoño (°C)	-0,310	--	0,522	-0,427	0,117	-0,117	-0,520	-0,162	0,583
	T invierno (°C)	0,589	--	-0,172	0,325	0,969	0,247	-0,443	0,912	0,952
	riego+lluvia (mm)	0,476	--	-0,156	0,177	0,609	-0,186	0,490	0,776	0,192
	lluvia (mm)	0,332	--	-0,686	0,587	-0,689	0,685	-0,311	-0,568	-0,923
	ETP (mm)	0,070	--	0,329	-0,193	0,430	0,057	-0,662	0,173	0,797
	Índice hídrico	0,302	--	-0,401	0,252	-0,609	0,077	0,522	-0,366	-0,916
	Índice de humedad	0,579	--	-0,420	0,417	0,474	0,053	0,398	0,695	0,009
	Índice de aridez	0,133	--	0,042	0,103	0,997	-0,032	-0,178	0,944	0,901
Índice de concentración estival	-0,507	--	0,485	-0,578	-0,853	-0,338	0,167	-0,954	-0,614	
Técnicas de cultivo	riego (m ³ /ha)	0,815	-0,996	0,440	-0,305	0,573	0,029	-0,104	0,530	0,573
	densidad (olivos/ha)	-0,399	0,999	0,080	-0,485	0,238	0,178	-0,231	-0,006	-0,265
	edad (<50 años)	0,302	-0,998	-0,388	0,383	0,776	0,130	0,146	0,846	-0,131
	cultivo en llanos (%)	0,563	-0,945	0,237	-0,234	0,682	0,176	-0,214	0,518	0,364
	UFN (kg/ha)	-0,551	--	-0,550	0,244	-0,716	0,202	0,385	-0,294	-0,841
	UFP (kg/ha)	-0,604	--	-0,490	0,175	-0,749	0,153	0,409	-0,335	-0,827
	UFK (kg/ha)	-0,537	--	-0,710	0,350	-0,504	0,234	0,443	-0,024	-0,960
	labrar (%)	0,683	-0,928	-0,023	0,504	0,144	-0,087	0,111	0,275	0,535
	poda Bellaguarda (%)	-0,839	0,642	0,354	-0,490	-0,059	-0,550	0,173	-0,291	-0,037
	poda tradicional (%)	0,898	-0,599	-0,337	0,504	0,254	0,544	-0,231	0,370	0,213
poda anual (%)	-0,668	-0,352	0,455	-0,737	-0,818	-0,121	0,045	-0,624	-0,204	
Fruto	Arbequina (%)	-0,098	0,313	-0,152	-0,009	-0,196	0,067	-0,588	-0,410	-0,861
	im (0-7)	-0,255	-0,627	-0,118	0,120	-0,631	0,048	0,584	0,195	0,198
	peso fruto (g)	0,283	-0,174	-0,056	0,145	0,594	0,218	0,177	0,477	0,675
	pulpa/hueso	0,345	0,244	0,026	0,074	0,801	0,119	-0,086	0,299	0,490
	aceite (% ss)	-0,625	0,801	0,234	-0,104	-0,282	-0,566	-0,087	-0,650	-0,123
	humedad (%)	0,617	-0,525	0,058	0,021	0,711	0,346	-0,046	0,488	0,636
	aceite (%sh)	-0,715	0,647	0,059	-0,084	-0,649	-0,480	0,057	-0,581	-0,518
Proceso extractivo	T batido (°C)	0,083	-0,675	0,611	-0,441	0,355	-0,239	0,316	0,322	0,917
	t batido (min)	-0,001	0,205	0,165	0,011	0,493	-0,706	0,337	0,328	0,031
	ritmo inyección (%)	0,311	-0,174	-0,074	0,158	-0,069	0,591	-0,181	-0,220	0,676
	inyección agua (%)	-0,290	0,417	0,137	-0,122	-0,731	0,093	-0,133	-0,786	0,056
	T Cent.Vert. (°C)	-0,277	0,404	-0,306	0,195	-0,084	0,250	0,177	-0,247	0,164
	perdida en orujo (%)	0,646	-0,779	0,201	0,333	0,626	-0,333	-0,057	0,318	0,419

5.6.4.4. *Variaciones en los atributos sensoriales del aceite virgen “extra”*

El análisis de la covarianza (ANCOVA), considerando el mes de elaboración como covariable, indica diferencias significativas entre almazaras y años para los atributos verde, amargo, picante, dulce, astringente y otros atributos positivos, mientras que el frutado sólo muestra diferencias entre almazaras y los atributos manzana y frutas maduras lo hacen entre cosechas (Tabla 62). Sin embargo, la interacción almazara×año supone más del 20% de explicación de la variabilidad total para la mayoría de atributos, de manera que la interpretación de los datos medios debe considerar dicha interacción, excepto para los atributos manzana, frutas maduras y otros atributos positivos.

El estudio de la interacción almazara×año, para el atributo frutado (también el verde y otros atributos positivos), sugiere que algunas almazaras producen aceites muy variables según los años. En este sentido se han observado tres grupos de almazaras (considerando las fluctuaciones del atributo frutado):

- Almazaras que han mantenido la intensidad del frutado a lo largo de las diferentes campañas analizadas: La Serra que siempre ha sido la obtenida aceites con el frutado más intenso; Cabacés que siempre se ha mantenido con una intensidad medio-alta; y La Mola que siempre ha presentado intensidades bajas de frutado.
- Almazaras cuya intensidad de frutado ha evolucionado, respecto de las primeras cosecha estudiadas: Masroig y La Bisbal que han disminuido en intensidad; y Ulldemolins que ha aumentado significativamente la intensidad del frutado en los últimos años estudiados.
- Almazaras con intensidad de frutado fluctuante a lo largo de los años: Vinícola que fue aumentando el frutado, luego disminuyó y al final se recuperó; El Molar que fue perdiendo frutado, luego se recuperó y al final volvió a perderlo.

Para el caso de los atributos sensoriales relacionados con el contenido en polifenoles (amargo, picante y astringencia), las interacciones también permiten clasificar las almazaras en tres grupos (considerando el nivel de amargo):

- Almazaras sin variaciones importantes de amargo: La Mola que siempre se mantiene en niveles bajos de dicho atributo.
- Almazaras que presentan una evolución del amargo a lo largo de los años: Bisbal, La Serra y Masroig han ido perdiendo amargor con el tiempo, mientras que Ulldmeolins lo ha incrementado.
- Almazaras con valores de amargor muy fluctuantes: Cabacés, Vinícola y El Molar

Tabla 62.- Atributos sensoriales medios (sobre escala de 10 cm) del aceite virgen de categoría “extra” elaborado en las diferentes almazaras del Priorat, trabajando en sistema continuo de 2fases y ordenadas según valores decrecientes de frutado (período 2003-2008; n=262; volumen total = 4,275,648 litros; valores ponderados por el volumen de aceite de cada depósito analizado).

Almazara	Frutado	Man- zana	Frutas maduras	Verde	Amargo	Picante	Dulce	Astrin- gente	Otros
La Serra	5,42 a ^z	0,57 a	1,19 a	3,78 a	3,91 ab	4,35 b	3,89 b	2,40 b	3,09 a
Masroig	5,02 b	0,77 a	1,51 a	3,47 bc	3,72 ab	4,30 b	3,95 b	2,39 b	2,98 ab
Cabacés	4,97 b	0,59 a	1,53 a	3,56 ab	3,59 cd	4,31 b	3,99 b	2,12 b	2,93 ab
Ulldmeolins	4,97 b	0,23 a	1,03 a	3,42 bcd	3,89 ab	4,33 b	3,85 b	2,22 b	2,83 bc
Vinícola	4,69 c	0,24 a	1,41 a	3,25 cde	3,46 de	4,17 bc	3,88 b	2,12 b	2,69 c
El Molar	4,58 cd	0,69 a	1,78 a	3,32 cde	3,33 de	3,99 cd	3,98 b	1,75 c	2,74 c
La Mola	4,52 cd	0,59 a	1,65 a	3,14 e	3,28 e	3,91 d	4,22 a	1,71 c	2,71 c
Bisbal	4,34 d	0,45 a	1,00 a	3,21 de	4,04 a	4,56 a	3,65 c	2,77 a	2,83 bc
Año									
2003	4,92 a ^z	1,13 a	1,63 a	3,64 a	3,79 a	4,38 a	3,98 b	2,36 a	3,21 a
2004	4,86 a	0,50 b	1,71 a	3,33 bc	3,82 a	4,25 ab	3,79 c	2,51 a	2,86 b
2005	4,63 a	0,54 b	1,69 a	3,21 c	3,36 b	4,14 b	3,89 bc	1,92 bc	2,64 c
2006	4,79 a	0,19 c	1,04 b	3,34 bc	3,69 a	4,26 ab	3,86 bc	2,11 b	2,76 bc
2007	4,89 a	0,21 c	0,89 b	3,37 bc	3,76 a	4,22 ab	3,90 bc	2,11 b	2,73 bc
2008	5,02 a	0,05 c	1,14 b	3,43 b	3,20 b	4,08 b	4,40 a	1,69 c	2,65 c
F almazara	6,8 ^{***}	0,4 ^{NS}	1,8 ^{NS}	4,5 ^{***}	3,9 ^{**}	3,9 ^{**}	4,1 ^{**}	4,8 ^{***}	3,0 ^{**}
Variabilidad explicada (%)	11,8	0,8	3,5	7,8	5,6	6,6	6,6	7,1	5,1
F año	1,3 ^{NS}	10,6 ^{***}	4,3 ^{**}	5,9 ^{***}	4,7 ^{**}	3,2 ^{**}	6,4 ^{***}	7,5 ^{***}	14,3 ^{***}
Variabilidad explicada (%)	1,5	14,6	6,0	7,4	4,8	3,8	7,4	8,0	17,5
F almazara × año	2,6 ^{***}	1,1 ^{NS}	1,4 ^{NS}	3,2 ^{***}	4,7 ^{***}	3,2 ^{***}	2,5 ^{***}	3,5 ^{***}	1,6 [*]
Variabilidad explicada (%)	20,9	10,2	12,7	25,2	30,5	24,3	18,3	24,1	12,5
Covariable									
F mes	8,1 ^{**}	9,0 ^{**}	1,7 ^{NS}	18,1 ^{***}	36,2 ^{***}	38,5 ^{***}	11,0 ^{**}	22,5 ^{***}	1,2 ^{NS}
Variabilidad explicada (%)	2,0	2,5	0,5	4,5	7,3	9,2	2,6	7,8	0,3

^z: por columnas, valores seguidos de la misma letra no difieren estadísticamente, según test de Duncan (P=0,05)

* P<0,05; ** P<0,01; ***P<0,001; ^{NS} no significativo

Cuando se analiza conjuntamente todo el perfil sensorial, mediante técnicas de análisis multivariante (MANOVA), los resultados son parecidos a los observados en el análisis univariante y las características sensoriales de los aceites no parecen diferir mucho de una almazara a otra, dentro de la zona de estudio. En efecto, el análisis multivariante (Tabla 63) sólo detecta diferencias significativas a nivel sensorial en las cosechas 2003, 2004 y 2006. Factores como el distinto grado de maduración a lo largo de la cosecha o el distinto nivel de carga entre años pueden generar una variabilidad adicional a la propia de cada zona de producción, de manera que el análisis discriminante no permite establecer diferencias significativas.

Tabla 63.- Análisis multivariante (λ Wilks) por años de las variaciones del perfil sensorial de los aceites del Priorat, relacionadas con el factor almazara de producción.

Cosecha	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09
λ Wilks	0,161** ^(Z)	0,074**	0,162 ^{NS}	0,0974**	0,171 ^{NS}	0,081 ^{NS}

z: * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,0001; NS: No Significativo

En cualquier caso, se han analizado los datos por cosechas, con el fin de eliminar parte de dicha variabilidad y evaluar si los parámetros discriminantes se mantienen a lo largo de los años.

El análisis discriminante, aplicado por años, da resultados dispares y poco concluyentes (Tabla 64); aunque en algunos años almazaras como Cabacés, La Serra o Ulldemolins, presentan errores de clasificación inferiores al 35%, las mismas almazaras superan valores de error del 50% en otras cosechas. Por otra parte, el análisis discriminante por pasos indica que los atributos sensoriales que mejor explican las diferencias entre almazaras son diferentes cada año, aunque el atributo “amargo” se repite tres cosechas, mientras que “verde”, “astringente”, “frutado” y “frutas maduras” se repiten en dos. Todo ello concuerda con los resultados del análisis de la varianza, donde se observaba una interacción almazara×año considerable (Tabla 62).

Tabla 64.- Errores de clasificación del análisis canónico discriminante de las características sensoriales de los aceites producidos en las diferentes almazaras del Priorat, ordenadas por error creciente de clasificación (período 2003-2008; n=167).

Almazara	2003 (%)	2004 (%)	2005 (%)	2006 (%)	2007 (%)	2008 (%)	Límites (%)
Cabacés	30,0	28,6	33,3	57,1	75,0	57,1	28-75
El Molar	60,0	--	50,0	42,9	--	--	42-60
Bisbal	71,4	60,0	--	20,0	--	--	20-72
La Serra	16,7	30,0	87,5	57,1	33,3	50,0	16-88
Masroig	58,8	54,6	60,0	57,1	--	--	54-60
La Mola	37,5	--	--	50,0	20,0	28,6	20-50
Ulldemolins	0,0	42,9	--	0,0	58,3	42,9	0-59
Vinícola	--	50,0	66,7	40,0	33,3	77,8	33-78

La conclusión de este apartado sería que cada año es posible observar diferencias en el perfil sensorial de los aceites de cada almazara, sin embargo dichas diferencias no se mantienen a lo largo de los años, de manera que no es posible hablar de “tipicidad sensorial” de los aceites de cada almazara, dentro de la zona estudiada.

La Tabla 65 muestra los valores de correlación entre atributos sensoriales y factores relacionados con la zona, el clima, las técnicas de cultivo, el fruto y el proceso extractivo. Los resultados indican una buena correlación con factores climáticos y de técnicas de cultivo, en el sentido general de que aquellos factores que favorecen el estrés del árbol (calor, falta de riego, poda para favorecer el máximo de cosecha...) inducen un aumento de la intensidad de los atributos sensoriales relacionados con la acumulación de polifenoles, como el amargo, la astringencia y el picante; mientras que los atributos aromáticos relacionados con la actividad enzimática durante el batido dependen precisamente de dichas condiciones de proceso (temperatura y tiempo). Respecto de las características del fruto, los resultados indican una cierta correlación positiva entre su tamaño y contenido de humedad y atributos como el dulce y las frutas maduras, que indican niveles bajos de polifenoles y un avanzado proceso de maduración.

Con respecto a los atributos relacionados con los polifenoles, los resultados concuerdan con los obtenidos por Motilva et al. (2002) y Tovar et al. (2002b), trabajando también con ‘Arbequina’ en Les Garrigues, al observar una disminución en el contenido de polifenoles del aceite al aumentar las dosis de riego, que concordaría con una correlación negativa entre riego e intensidad de amargor y picante; en el mismo sentido

estos resultados concordarían con lo observado por D'Andria y Morelli (2002), en ensayos de riego con diversas variedades italianas, así como con los resultados de Pastor (2003), con la variedad 'Picual'.

Con respecto a los atributos aromáticos, los resultados están de acuerdo con lo observado por Tombesi y Antaras (1998) en el sentido de que los terrenos que favorecen el cultivo del olivo sin condiciones de estrés, favorecen la acumulación de volátiles propios del frutado de aceituna, lo cual concuerda con nuestras observaciones de una elevada correlación positiva entre frutado y pluviometría o abonado NPK. Por otra parte, Tura et al. (2008) establecen una relación positiva entre la temperatura media de octubre (en Italia) y los contenidos en polifenoles y compuestos volátiles, lo cual concuerda plenamente con las correlaciones observadas en nuestro trabajo, entre los mismos parámetros.

Existen pocos estudios donde se analicen los atributos sensoriales del aceite en relación a diferentes factores del clima o del cultivo. Entre ellos, cabe destacar los de Tovar et al. (2002a) estudiando la variedad 'Arbequina' en ensayos de riego deficitario en Les Garrigues, donde se observan diferencias de perfil sensorial entre la tesis control y las de riego deficitario, especialmente la de menor aplicación de agua, que inducen un ligero aumento de la intensidad de frutado, verde, amargo, picante y astringente. Se trata de resultados parecidos a los obtenidos anteriormente por Salas et al. (1997), trabajando con 'Picual' a distintas dosis de riego. En el mismo sentido, Faci et al. (2002b), estudiando dosis de riego en 'Arbequina' en Zaragoza, observaron una correlación inversa entre dosis de riego y niveles de amargo, picante y astringencia, así como un aumento del atributo dulce del aceite, plenamente de acuerdo con nuestros resultados. Finalmente, Vossen et al. (2008) y Berenguer et al. (2006), ambos trabajando en el mismo ensayo de riego con 'Arbequina' en California, constatan una disminución de las intensidades de los atributos frutado, amargo y picante, al aumentar las dosis de riego, lo que concuerda plenamente con las correlaciones negativas observadas entre estos atributos y el riego.

Tabla 65.- Coeficiente de correlación de Pearson entre valores medios de los atributos sensoriales del aceite y diferentes parámetros relacionados con la zona de producción, climatología, técnicas de cultivo, características del fruto y condiciones de proceso extractivo (datos medios de cada almazara, durante el período 2003-2008; realzados en color los valores de correlación superiores a +/- 0,6).

		Frutado	Man- zana	Frutas maduras	Verde	Amargo	Picante	Dulce	Astringente	Otros
Zona	altitud (m)	-0,465	-0,733	-0,397	-0,543	0,056	-0,019	-0,110	-0,110	-0,591
	latitud (°N)	0,069	-0,505	-0,657	0,010	0,536	0,591	-0,293	0,514	0,162
	longitud (°E)	-0,131	-0,931	-0,328	-0,286	-0,044	0,007	-0,199	-0,041	-0,500
Clima	Radiación neta (MJ/m2)	-0,348	0,859	0,988	-0,770	-0,955	-0,892	0,893	-0,791	-0,994
	T anual (°C)	-0,009	0,993	0,710	-0,003	-0,373	-0,208	0,323	0,001	0,406
	T Enero (°C)	-0,190	0,852	0,934	-0,383	-0,811	-0,687	0,743	-0,511	-0,139
	T Julio (°C)	0,325	0,314	-0,298	0,644	0,675	0,754	-0,644	0,822	0,934
	T Enero-Julio (°C)	0,334	-0,280	-0,752	0,668	0,942	0,924	-0,881	0,869	0,727
	T verano (°C)	0,178	0,631	0,022	0,446	0,401	0,535	-0,410	0,677	0,862
	T otoño (°C)	0,142	0,745	0,173	0,369	0,254	0,403	-0,273	0,568	0,808
	T invierno (°C)	-0,205	0,797	0,944	-0,428	-0,862	-0,751	0,795	-0,588	-0,226
	riego+lluvia (mm)	-0,671	-0,151	0,296	-0,902	-0,622	-0,633	0,522	-0,633	-0,969
	lluvia (mm)	0,855	-0,453	-0,229	0,762	0,168	0,012	0,004	-0,157	0,286
	ETP (mm)	0,118	0,934	0,510	0,219	-0,108	0,054	0,079	0,249	0,644
	Índice hídrico	0,113	-0,952	-0,571	0,034	0,219	0,040	-0,150	-0,175	-0,441
	Índice de humedad	-0,440	-0,278	0,294	-0,736	-0,665	-0,726	0,613	-0,776	-0,965
	Índice de aridez	-0,482	0,701	0,809	-0,654	-0,775	-0,650	0,663	-0,481	-0,380
Índice de concentración estival	0,237	-0,355	-0,820	0,583	0,975	0,954	-0,927	0,892	0,647	
Técnicas de cultivo	riego (m3/ha)	-0,513	0,001	0,419	-0,781	-0,627	-0,599	0,424	-0,398	-0,870
	densidad (olivos/ha)	-0,110	-0,085	-0,180	-0,192	0,103	0,201	0,150	0,256	0,170
	edad (% <50 años)	-0,351	0,386	0,483	-0,602	-0,602	-0,730	0,791	-0,623	-0,525
	cultivo en llanos (%)	-0,411	0,108	0,457	-0,682	-0,646	-0,604	0,590	-0,439	-0,694
	UFN (kg/ha)	0,653	-0,474	-0,665	0,724	0,645	0,461	-0,312	0,316	0,786
	UFP (kg/ha)	0,617	-0,509	-0,724	0,707	0,705	0,532	-0,382	0,393	0,819
	UFK (kg/ha)	0,555	-0,333	-0,573	0,534	0,543	0,328	-0,107	0,202	0,727
	labrar (%)	-0,065	0,241	0,526	-0,092	-0,515	-0,595	0,201	-0,586	-0,529
	poda Bellaguarda (%)	-0,352	0,109	-0,436	0,039	0,604	0,757	-0,576	0,788	0,555
	poda tradicional (%)	0,261	0,036	0,592	-0,115	-0,752	-0,874	0,706	-0,887	-0,619
poda anual (%)	0,169	-0,745	-0,884	0,225	0,850	0,906	-0,838	0,894	0,424	
Fruto	Arbequina (%)	-0,397	-0,330	-0,125	-0,545	-0,004	0,076	-0,011	0,049	-0,410
	im (0-7)	0,503	-0,261	-0,484	0,473	0,488	0,247	-0,388	0,220	0,344
	peso fruto (g)	0,408	0,709	0,498	0,480	-0,277	-0,301	0,438	-0,223	0,454
	pulpa/hueso	0,069	0,676	0,656	0,158	-0,497	-0,403	0,550	-0,339	0,163
	aceite (% ss)	-0,336	-0,050	-0,206	-0,051	0,318	0,529	-0,609	0,392	-0,011
	humedad (%)	0,243	0,546	0,630	0,191	-0,542	-0,543	0,637	-0,416	0,144
	aceite (%sh)	-0,275	-0,424	-0,588	-0,120	0,571	0,644	-0,733	0,501	-0,062
Proceso extractivo	T batido (°C)	0,072	0,338	0,140	0,208	-0,018	0,047	-0,120	0,193	0,250
	t batido (min)	-0,823	-0,094	0,085	-0,725	-0,275	-0,274	0,080	-0,226	-0,638
	ritmo inyección (%)	0,674	0,185	0,392	0,682	-0,277	-0,244	0,263	-0,348	0,341
	inyección agua (%)	0,322	-0,368	-0,280	0,445	0,315	0,433	-0,513	0,224	0,197
	T Cent.Vert. (°C)	0,390	-0,064	0,032	0,520	-0,041	-0,025	0,161	-0,249	0,248
	perdida en orujo (%)	-0,414	0,465	0,749	-0,352	-0,685	-0,658	0,322	-0,552	-0,440

5.7. Tipificación de aceites de la zona Priorat, en relación a otras zonas de producción de aceites de ‘Arbequina’

En el apartado anterior se ha demostrado que los aceites del Priorat pueden presentar ciertas diferencias entre las almazaras de la zona. Dichas diferencias son fundamentalmente a nivel de composición en ácidos grasos y esteroides, debido a que se trata de compuestos afectados por la climatología y factores propios de cada zona de cultivo. Sin embargo, a nivel sensorial, no puede hablarse de diferencias significativas entre almazaras, que se mantengan a lo largo de los años. Todo ello permite considerar a los aceites del Priorat como relativamente homogéneos, principalmente a nivel de los atributos que percibe el consumidor.

En el presente apartado se pretende comprobar si existen diferencias, a nivel de ácidos grasos y perfil sensorial, entre los aceites comerciales del Priorat y los de otras zonas donde la variedad principal es también la ‘Arbequina’, principalmente las zonas vecinas de Les Garrigues y Siurana-Camp (Tarragona), así como otras de España y de otros países olivareros (Tabla 7). Evidentemente, el análisis principal se ha realizado comparando Priorat frente a las dos zonas productoras vecinas (Siurana-Camp y Garrigues), mientras que el resto de muestras sólo se han utilizado para realizar un análisis complementario de poco rigor estadístico, pero que puede ayudar a confirmar los resultados principales. Las muestras proceden de almazaras y envasadores, factor relevante en el caso de las características sensoriales, donde es importante no considerar muestras de laboratorio elaboradas en sistemas no convencionales (como ABENCOR) que pueden dar lugar a aceites de perfil suficientemente distinto como para que afecte los resultados del análisis estadístico.

El diseño considerado (en el caso de la comparación de las tres zonas principales) es un factorial con repeticiones. Evidentemente, el diseño está bastante desequilibrado en cuanto a número de muestras de cada zona, de manera que se ha optado por utilizar el procedimiento MIXED para analizar el efecto de la zona productora sobre las diferentes variables; el factor año se ha incluido como variable aleatoria. Por otra parte, se ha realizado un análisis multivariante para el conjunto de ácidos grasos y el de características sensoriales, estableciendo funciones discriminantes que permiten clasificar una muestra problema en cada una de las tres zonas consideradas.

Los resultados se exponen independientemente para el caso de ácidos grasos y el de perfil sensorial.

5.7.1. Composición en ácidos grasos

El análisis univariante de los datos (Tabla 66) indica que la composición media de ácidos grasos difiere significativamente entre las tres zonas consideradas, para todos los ácidos grasos estudiados. En concreto, los resultados demuestran que la composición en ácidos palmítico, oleico, linoleico y linolénico en Priorat es similar a Garrigues, siendo distintos los aceites de estas dos zonas de aquellos producidos en Siurana-Camp; mientras que las tres zonas difieren entre ellas en la composición en ácidos palmitoleico y esteárico. Este aspecto se analiza con más detalle a partir de técnicas multivariantes, como se expone a continuación.

Tabla 66.- Ácidos grasos (%), composición media de los aceites de elaborados en las zonas Priorat, Siurana-Camp y Garrigues (período 2003-2008; N=320).

Ácidos grasos (%)	Garrigues	Siurana-Camp	Priorat	F zona
C16:0	13,58 b ^z	15,27 a	13,65 b	60,0***
C16:1	1,54 b	1,89 a	1,43 c	56,8***
C18:0	1,81 b	1,73 c	1,87 a	18,7***
C18:1	71,23 a	67,73 b	70,99 a	60,4***
C18:2	10,05 b	11,49 a	10,24 b	32,1***
C18:3	0,62 b	0,69 a	0,62 b	22,9***

^z: por filas, valores seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes, según test t (P=0,05)

* P<0,05, ** P<0,01, *** P<0,001.

El análisis discriminante permite establecer funciones matemáticas lineales para clasificar una muestra problema en alguna de las tres zonas productoras consideradas, aún tratándose de la misma variedad 'Arbequina', y calcular la distancia entre los grupos así establecidos. En el presente caso, las distancias entre la composición ácida media de cada zona son relativamente pequeñas; en efecto, la distancia calculada entre Priorat y Garrigues es de sólo 1,21 unidades, entre Priorat y Siurana-Camp es de 1,11 unidades, mientras que entre Garrigues y Siurana-Camp es de 3,40 unidades.

Cuando se utilizan dichas funciones discriminantes para recalculer la pertenencia teórica de cada una de las muestras iniciales a las diferentes zonas consideradas (método de resubstitución), se obtienen los resultados de la Tabla 67. Algo más de la mitad de las muestras de aceite de la zona Priorat tienen una composición ácida particular y diferenciable de las otras dos zonas vecinas; las muestras de Siurana-Camp son

características en más del 60% de los casos analizados; mientras que las de Garrigues lo son en más del 75%.

Tabla 67.- Ácidos grasos. Análisis discriminante. Porcentajes de clasificación de muestras iniciales en las tres zonas consideradas (N=320).

Zona de origen de la muestra	Zona de reclasificación		
	Garrigues (%)	Siurana-Camp (%)	Priorat (%)
Garrigues	77,6	15,5	6,9
Siurana-Camp	22,6	63,9	13,5
Priorat	26,7	21,0	52,3
Error	22,4	36,1	47,6

El análisis discriminante por pasos permite establecer qué ácidos grasos son los que tienen mayor poder de diferenciación entre las tres zonas. La variable de mayor poder discriminante es el palmitoleico, seguido de oleico, palmítico y esteárico.

Por otra parte, el análisis canónico discriminante permite calcular variables canónicas para diferenciar los aceites de cada zona. Evidentemente, en este modelo con sólo tres zonas y seis variables, la totalidad de la variabilidad observada se explica con sólo dos variables canónicas, la primera de las cuales explica el 81% de la variabilidad total, mientras que la segunda explica el 19% restante.

La estructura de estas variables canónicas se presenta en la Figura 30 junto con los valores canónicos medios de cada zona, circunscritos en sendos círculos que representan los intervalos de confianza de dichas medias (puede observarse que dichos intervalos son inversamente proporcionales al tamaño de cada población). La primera componente canónica permite separar claramente los aceites de las tres zonas, especialmente Siurana-Camp de Garrigues y Priorat; la segunda componente canónica separa los aceites de Priorat de las otras dos zonas; el resultado final es que la composición ácida de los aceites del Priorat se muestra como equidistante de los aceites de Garrigues (con una mayor asociación por el ácido oleico) y de Siurana-Camp (más asociado con los ácidos palmítico y palmitoleico).

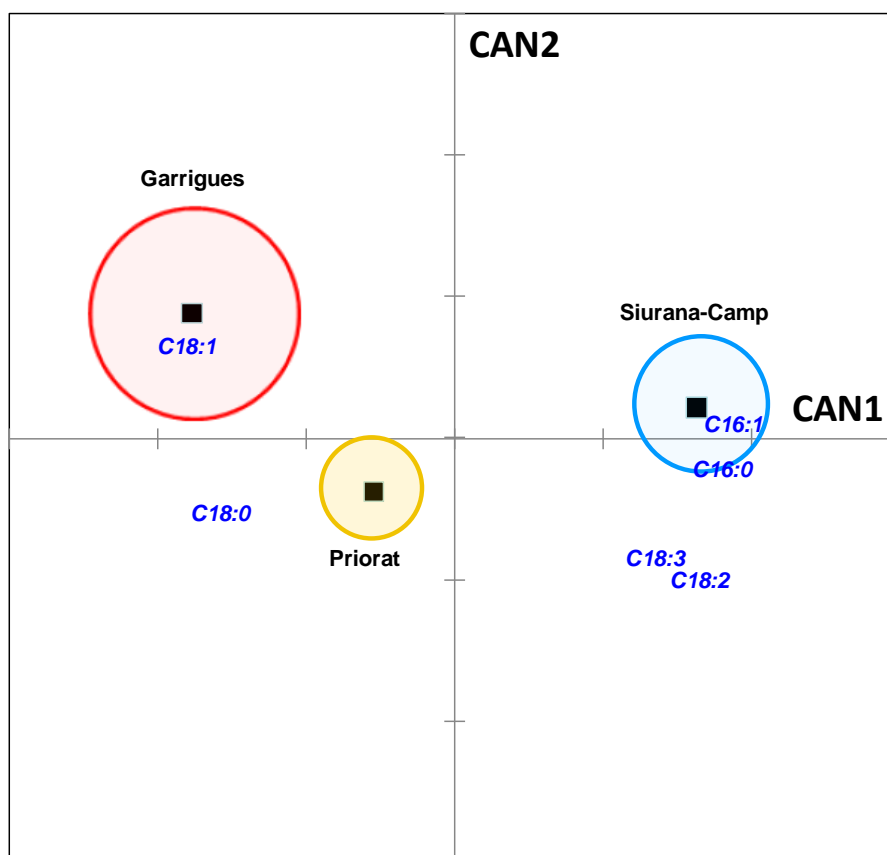


Figura 30.- Representació canònica de los ácidos grassos del aceite de las zonas Priorat, Garrigues y Siurana-Camp. Valores medios de las dos primeras variables canónicas de cada población, circunscritos en un círculo que representa el intervalo de confianza respectivo (P=0,05).

A partir de todos los análisis anteriormente citados es posible identificar aquellos aceites de Priorat cuya composición puede considerarse como la más “genuina” de la comarca. Se trata de las 110 muestras de dicha zona que son correctamente clasificadas como del Priorat por el análisis discriminante. En su conjunto, dichas muestras presentan la composición en ácidos grassos de la Tabla 68, que incluye valores medios y extremos.

Tabla 68.- Ácidos grasos, composición media y valores extremos de los aceites más “genuinos” del Priorat (período 2003-2008; N=110).

Ácidos grasos (%)	Media	Mínimo	Máximo
C16:0	13,95	12,40	15,51
C16:1	1,51	1,10	1,75
C18:0	1,85	1,63	2,14
C18:1	70,06	65,52	73,05
C18:2	10,77	8,94	13,96
C18:3	0,64	0,41	0,86

Por otra parte, el análisis discriminante permite establecer las denominadas funciones lineales discriminantes de Fischer^z:

$$D_{\text{Priorat}} = 365,93943 \times C16:0 + 372,18046 \times C16:1 + 428,00632 \times C18:0 + 380,08238 \times C18:1 + 378,50019 \times C18:2 + 524,85137 \times C18:3 - 18760$$

$$D_{\text{Garrigues}} = 366,05415 \times C16:0 + 372,34239 \times C16:1 + 426,49925 \times C18:0 + 380,30635 \times C18:1 + 378,30550 \times C18:2 + 522,05903 \times C18:3 - 18772$$

$$D_{\text{Siurana-camp}} = 366,46111 \times C16:0 + 373,51968 \times C16:1 + 425,81118 \times C18:0 + 380,13720 \times C18:1 + 378,20020 \times C18:2 + 526,02417 \times C18:3 - 18767$$

z: Valores de ácidos grasos expresados en %.

Dichas funciones permiten calcular, por sustitución de los valores de ácidos grasos de una muestra problema en dichas funciones, los denominados “valores discriminantes” (D_i); el aceite queda clasificado en el grupo con mayor D_i . Sin embargo, se trata de funciones todavía de utilidad limitada que deberían ajustarse para un mayor número de muestras.

Finalmente, en relación a otras zonas productoras de aceites de ‘Arbequina’, los datos medios de composición en ácidos grasos se resumen en la Tabla 69, aunque deben considerarse como de fiabilidad limitada, dado el gran desequilibrio existente en la matriz de datos, a nivel de repeticiones por zona. A pesar ello, los resultados corroboran lo indicado en bibliografía, confirmando diferencias de composición entre zonas de latitudes distintas, con tendencia a producir aceites más insaturados en latitudes más elevadas en ambos hemisferios.

En efecto, en el hemisferio norte pasamos de un contenido en ácido oleico (C18:1) del 56% en Túnez hasta un 76% en Navarra y La Rioja (norte de España), con valores intermedios en Andalucía (66%) y Siurana-Camp (68%). En el hemisferio sur, donde se pasa del 61% en C18:1 a la altura de la provincia de San Juan (Argentina), hasta el 74% de Chile, en plantaciones bastante más al sur (región de Talca).

Tabla 69.- Composición media en ácidos grasos mayoritarios del aceite virgen elaborado en las diferentes zonas del mundo y su clasificación, de acuerdo a las funciones lineales discriminantes de Fischer (período 2002-2008; n=393).

Origen	C16:0 (%)	C16:1 (%)	C18:0 (%)	C18:1 (%)	C18:2 (%)	C18:3 (%)	Zona clasificación
<i>Zona 'Arbequina'</i>							
Garrigues	13,60 c	1,57 de	1,79 b	71,15 b	10,09 d	0,62 c	Garrigues
Priorat	13,69 c	1,47 de	1,86 b	70,92 b	10,26 d	0,61 c	Priorat
Siurana-Camp	15,31 b	1,95 bc	1,70 c	67,59 d	11,57 b	0,69 b	Siurana-Camp
<i>Otras comarcas catalanas</i>							
Baix Ebre	14,86 b	2,05 b	1,67 c	68,10 d	11,48 bc	0,69 b	Siurana-Camp
Ribera d'Ebre	14,19 b	1,39 de	1,89 b	69,76 c	10,84 c	0,65 bc	Priorat
Terra Alta	13,42 c	1,59 cde	1,61 c	72,11 ab	9,53 de	0,60 c	Siurana-Camp
<i>Otras zonas españolas</i>							
Andalucía	16,18 a ^z	2,15b	1,64 c	66,01 e	12,02 b	0,72 b	Siurana-Camp
Baleares	18,91 a	2,79 b	1,59 c	61,89 e	13,07 a	0,62 bc	Siurana-Camp
La Rioja	11,39 d	1,09 e	2,18 a	75,70 a	7,69 e	0,62 c	Priorat
Navarra	11,34 d	1,19 e	1,98 ab	76,05 a	7,59 e	0,62 c	Garrigues
<i>Otros países</i>							
Argentina (San Juan)	17,32 a	2,42 b	1,67 c	60,73 f	16,03 a	0,70 b	Siurana-Camp
EEUU (California)	14,84 b	1,71 cd	1,66 c	69,16 cd	10,52 cd	0,83 a	Siurana-Camp
Chile (Talca)	13,25 cd	1,34 de	1,68 c	74,29 ab	7,52 e	0,63 bc	Garrigues
Túnez	--	4,21 a	--	56,15 g	--	--	--
F zona	23,3***	25,9***	9,9***	27,2***	16,3***	10,0***	

^z: por columnas, valores seguidos de la misma letra no difieren estadísticamente, según test t (P=0,05)

* P<0,05; ** P<0,01; ***P<0,001; NS no significativo.

Existen pocos estudios donde se comparen aceites de la variedad 'Arbequina' procedentes de diferentes zonas. Las primeras referencias son de Tous (1991) estudiando aceites de esta variedad cultivada en dos zonas de Cataluña (Reus y Tortosa), donde observa que los aceites producidos más al sur (Tortosa) son más pobres en ácido oleico y más ricos en linoleico. Posteriormente, Tous y Romero-Aroca (1994a) comparan, entre otros, aceites de 'Arbequina' producidos en Siurana-Camp, Priorat y Garrigues, observando también un menor contenido en ácido oleico y mayor en

linoleico en los aceites de Siurana-Camp, mientras que los aceites del Priorat tendrían una composición ácida intermedia entre las otras dos zonas. Finalmente, (Tous et al. (1997), al comparar aceites de ‘Arbequina’ de diferentes zonas de España, siguieron observando una mayor similitud de ácidos grasos entre Garrigues y Priorat, en relación a Siurana-Camp, y siendo los aceites del Montsià (comarca vecina del Baix Ebre) y Andalucía más parecidos a Siurana-Camp; la única discrepancia se refiere a los aceites de Terra Alta que en el citado estudio presentó una composición ácida totalmente diferente al resto de zonas estudiadas, mientras que en el presente proyecto de tesis se asemeja más a un aceite de Siurana-Camp (a pesar de tener un nivel de palmítico y linoleico significativamente inferiores a dicha zona). En Argentina, Torres et al. (2009) comparan aceites de ‘Arbequina’ procedentes de España (sin especificar su origen concreto) y aceites elaborados en las provincias argentinas de Córdoba y Catamarca, observando composiciones en ácidos grasos muy diferentes; sin embargo, comparando los valores puede observarse que los aceites de Córdoba son algo más parecidos a los españoles que los de Catamarca (con un nivel de ácido oleico muy inferior).

Realizando una revisión bibliográfica se pueden encontrar resultados de composición ácida de la variedad ‘Arbequina’ obtenidos por diferentes autores, en distintas zonas de cultivo. Con estos datos se ha realizado un pequeño estudio exploratorio, aplicando las funciones discriminantes de Fischer calculadas, para intentar evaluar las similitudes entre los aceites de dichas zonas y los de Garrigues, Siurana-Camp y Priorat (Tabla 70). Los resultados del análisis corroboran lo indicado anteriormente, siendo los aceites de ‘Arbequina’ elaborados en las nuevas plantaciones superintensivas de Italia y Túnez más parecidos a los de Siurana-Camp, al igual que los de Andalucía (Córdoba), así como los de Australia (a excepción de la isla de Tasmania, muy al sur y donde los aceites son más parecidos a Garrigues) y también los de Argentina. Por otra parte, los aceites de Aragón siguen siendo particulares, pero quedan clasificados como de Priorat, al igual que algunos aceites de Garrigues de inicio de campaña.

Tabla 70.- Similitud de la composición en ácidos grasos entre aceites de ‘Arbequina’ de diferentes países, de acuerdo a las funciones lineales discriminantes de Fischer calculadas en el presente proyecto de tesis.

País	Zona	Ácidos grasos (%)						Fuente	Similitud
		C160	C161	C180	C181	C182	C183		
Argentina	Córdoba	17,50	2,54	1,41	61,30	16,01	0,79	Torres et al. (2009)	Siurana-Camp
	Catamarca	19,55	2,95	1,60	55,5	18,70	0,75		Siurana-Camp ^z
	San Juan	17,27	2,24	1,59	62,28	15,92	0,71	Mattar y Turcato, (2006)	Siurana-Camp
Australia	S. Queensland	19,70	3,50	1,20	54,50	19,40	0,70	Mailer et al. (2010)	Siurana-Camp ^z
	W. Australia	16,40	2,10	1,50	63,40	14,30	0,60		Siurana-Camp
	Central Victoria	14,80	1,80	1,50	69,70	10,60	0,60		Siurana-Camp
	Tasmania	10,40	0,80	1,90	81,00	4,40	0,60		Garrigues ^z
España	Garrigues final de campaña	11,70	1,19	2,04	75,20	8,88	0,49	Morelló et al. (2004)	Garrigues
	Garrigues inicio de campaña	13,40	1,91	2,39	70,10	10,90	0,76		Priorat
	Córdoba	16,54	2,76	1,65	64,53	12,08	0,65	León et al. (2008)	Siurana-Camp
	Aragón secano	13,02	1,35	1,82	71,80	9,52	0,65	Faci et al. (2002a)	Priorat
	Aragón regadío	12,62	1,17	2,22	73,27	9,37	0,57		Priorat
Italia	Central	15,05	--	--	77,30	7,90	0,52	Marone et al. (2009)	NA ^y
Marruecos	Plena campaña	18,01	2,75	1,61	62,02	13,98	0,62	ElAntari et al. (2004)	Siurana-Camp
Túnez	Norte	17,57	2,41	1,88	58,82	12,93	0,63	Allalout et al. (2009)	Siurana-Camp

z: valores de composición muy alejados a los utilizados para establecer los modelos matemáticos, restando fiabilidad al resultado de similitud. y: no aplicable, por falta de datos.

5.7.2. Características sensoriales

El análisis univariante del efecto de la zona sobre los atributos sensoriales del aceite se ha realizado aplicando el procedimiento MIXED, considerando el factor año como variable aleatoria ligada a la zona, como se indica en el apartado de material y métodos.

Los resultados (Tabla 71) indican diferencias significativas en los valores medios de los atributos picante, dulce, amargo, astringencia y frutas maduras. Dichas diferencias se establecen entre Garrigues y Siurana-Camp, mientras que Priorat queda en un término medio entre las anteriores, al igual que ocurría para el contenido en ácidos grasos.

Tabla 71.- Características sensoriales medias de los aceites de categoría “extra” elaborados, con la variedad ‘Arbequina’, en las zonas Priorat, Siurana-Camp y Garrigues (período 1994-2008; N=583).

Atributo	Garrigues	Siurana-Camp	Priorat	F zona
<i>Frutado</i>	4,69 a ^z	4,68 a	4,68 a	0,0 ^{NS y}
<i>Manzana</i>	0,69 a	0,90 a	0,67 a	0,7 ^{NS}
<i>Frutas maduras</i>	0,77 b	1,58 a	1,20 ab	3,4 ^{**}
<i>Verde</i>	3,39 a	3,31 a	3,35 a	0,1 ^{NS}
<i>Amargo</i>	3,65 a	2,83 b	3,48 a	4,7 [*]
<i>Picante</i>	4,45 a	3,50 b	4,19 a	14,1 ^{***}
<i>Dulce</i>	3,62 b	4,15 a	3,90 ab	6,0 ^{**}
<i>Astringencia</i>	2,39 a	1,43 b	1,97 ab	3,0 [*]
<i>Otros atributos</i>	3,07 a	3,14 a	2,77 a	2,1 ^{NS}
<i>Puntuación</i>	7,29 a	7,29 a	7,29 a	0,0 ^{NS}

^z: por filas, valores seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes, según test t (P=0,05)

^y: NS=no significativo, * P<0,05, ** P<0,01, *** P<0,001.

El análisis multivariante permite analizar globalmente todo el perfil sensorial y confirma las diferencias entre zonas. En el mismo sentido, el análisis discriminante permite calcular las distancias medias entre cada zona; así Garrigues y Siurana-Camp están a una distancia cuadrada de 3,82 unidades; Garrigues y Priorat están a 3,30 unidades, mientras que Priorat y Siurana-Camp están a 4,02 unidades. Ello concuerda bastante con lo observado en el análisis univariante (Tabla 71), donde los aceites del Priorat presentaban unos atributos intermedios entre los de las otras dos zonas.

Por otra parte, las variables de clasificación calculadas permiten clasificar correctamente gran parte de las muestras, en sus zonas respectivas (Tabla 72). En efecto, hasta un 65% de muestras se clasifican correctamente en las zonas Garrigues y Siurana-Camp, aumentando dicho valor de aciertos hasta un 81% en el caso de Priorat, a pesar de ser la zona con un mayor número de muestras analizadas y donde es esperable una mayor dispersión por la misma dimensión de la población estudiada.

Tabla 72.- Perfil sensorial. Análisis discriminante. Porcentajes de clasificación de muestras iniciales en las tres zonas consideradas.

Zona de origen de la muestra	Zona de reclasificación		
	Garrigues (%)	Siurana-Camp (%)	Priorat (%)
Garrigues	66,7	20,8	12,5
Siurana-Camp	9,6	65,4	25,0
Priorat	12,8	20,3	81,0
Error	33,3	34,6	19,1

El análisis discriminante por pasos permite determinar cuáles son los atributos sensoriales responsables de dichas diferencias entre zonas. El atributo con mayor poder discriminante es el picante, junto con “otros atributos”, seguidos del frutado, astringencia y dulce.

Por otra parte, el análisis canónico discriminante permite calcular variables canónicas para diferenciar los aceites de cada zona. Como en el caso de la composición acídica, en este modelo con sólo tres zonas y nueve variables, la totalidad de la variabilidad observada se explica con sólo dos variables canónicas, la primera de las cuales explica un 85% de la variabilidad total observada, mientras que la segunda explica el 15% de variabilidad restante.

La estructura de estas variables canónicas se presenta en la Figura 31 donde también se representan los valores canónicos medios de cada zona, circunscritos en sendos círculos que representan los intervalos de confianza de dichas medias. Puede observarse como la primera componente canónica permite separar claramente los aceites de Priorat, respecto de Siurana-Camp y Garrigues, mientras que la segunda componente canónica separa estas dos últimas zonas. También puede observarse un mayor grado de asociación entre los aceites de Siurana-Camp con los atributos dulce y frutas maduras, mientras que Garrigues y Priorat presentan una mayor asociación con el frutado verde y los atributos relacionados con la presencia de polifenoles (amargo, picante y astringente).

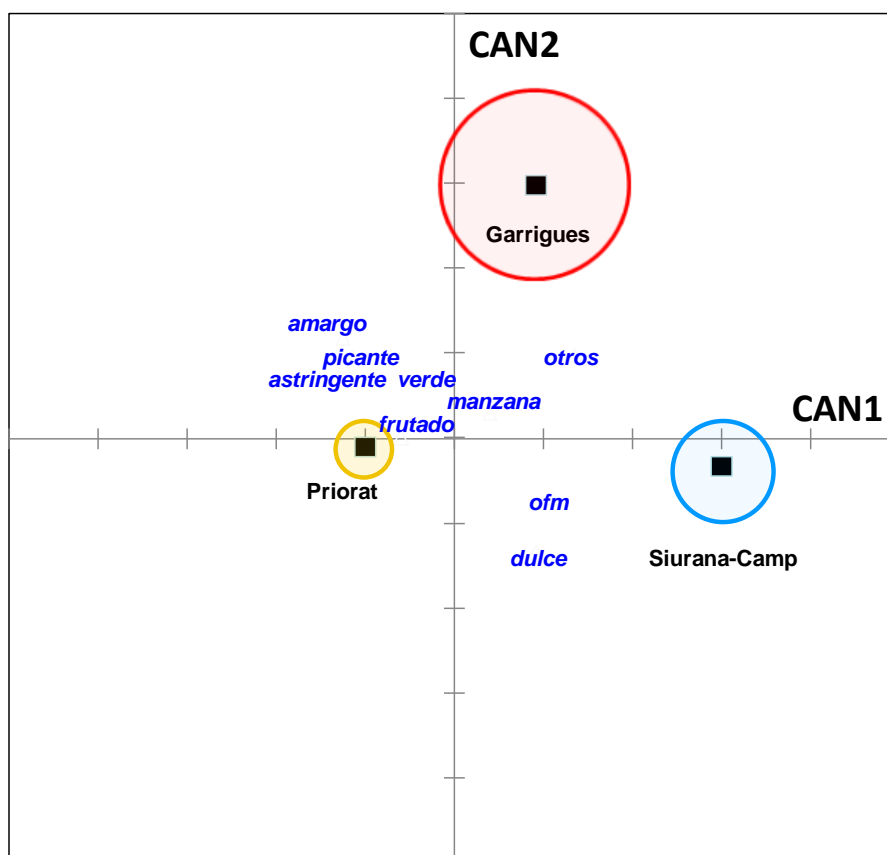


Figura 31.- Representació canònica del perfil sensorial de los aceites de las zonas Priorat, Garrigues y Siurana-Camp. Representación de los valores medios de las dos primeras variables canónicas de cada población, circunscritos en un círculo que representa el intervalo de confianza respectivo ($P=0,05$).

La conclusió seria que los aceites de la zona Priorat presentan un perfil sensorial característico y diferenciable de los aceites de las zonas vecinas de Garrigues y Siurana-Camp, a pesar de estar elaborados con la misma variedad ‘Arbequina’. Se trata de un resultado que concuerda con las observaciones de Tous et al. (1997), al analizar sensorialmente aceites de esta variedad en distintas zonas de Cataluña, Andalucía y Aragón, y donde constatan que los aceites de Garrigues, Siurana-Camp y Priorat son sensorialmente diferentes (un análisis de clusters los clasifica en grupos distintos). Sin embargo, no se han encontrado estudios similares donde se analicen las variaciones en el perfil sensorial de una misma variedad cultivada en zonas distintas (la mayoría de estudios que analizan el efecto de la zona sobre el aceite de una variedad, se centran en la composición química u otras propiedades).

A partir de todos los análisis anteriormente citados es posible identificar aquellos aceites del Priorat cuyo perfil sensorial puede considerarse como el más “genuino”. Se trata de las 272 muestras de dicha zona que son correctamente clasificadas como del

Priorat por el análisis discriminante. En su conjunto, dichas muestras presentan el perfil sensorial de la Tabla 73, que incluye valores medios y extremos.

Tabla 73.- Características sensoriales medias más “genuinas” de los aceites de categoría “extra” elaborados con la variedad ‘Arbequina’ en la zona del Priorat (período 1994-2008; N=272).

Atributo	Media ^z	Mínimo ^z	Máximo ^z
<i>Frutado</i>	4,90	3,50	6,30
<i>Manzana</i>	0,47	0,00	3,00
<i>Frutas maduras</i>	1,33	0,00	4,20
<i>Verde</i>	3,87	2,00	5,00
<i>Amargo</i>	3,63	2,00	5,20
<i>Picante</i>	4,20	3,00	5,50
<i>Dulce</i>	4,01	3,00	5,00
<i>Astringencia</i>	2,12	0,00	4,00
<i>Otros atributos</i>	2,77	0,00	4,00

z: valores expresados sobre escala de 10 cm

Por otra parte, el análisis discriminante permite establecer las denominadas funciones lineales discriminantes de Fischer^z, equivalentes a las calculadas para el caso de los ácidos grasos:

$$D_{\text{Priorat}} = 4,97312 \times \text{Frutado} - 8,75434 \times \text{Manzana} + 5,02638 \times \text{Frutas Maduras} - 0,82663 \times \text{Verde} + 10,65154 \times \text{Amargo} + 23,59471 \times \text{Picante} + 49,88755 \times \text{Dulce} - 4,23914 \times \text{Astringente} + 13,71172 \times \text{Otros} - 195,56996$$

$$D_{\text{Garrigues}} = 3,30940 \times \text{Frutado} - 8,69354 \times \text{Manzana} + 4,57896 \times \text{Frutas Maduras} + 0,00813 \times \text{Verde} + 10,26290 \times \text{Amargo} + 24,70143 \times \text{Picante} + 48,01777 \times \text{Dulce} - 5,14890 \times \text{Astringente} + 17,28098 \times \text{Otros} - 195,58666$$

$$D_{\text{Siurana-camp}} = 4,93190 \times \text{Frutado} - 8,89508 \times \text{Manzana} + 5,34332 \times \text{Frutas Maduras} - 1,13032 \times \text{Verde} + 10,73144 \times \text{Amargo} + 22,30112 \times \text{Picante} + 49,89246 \times \text{Dulce} - 5,10693 \times \text{Astringente} + 17,58538 \times \text{Otros} - 200,88496$$

z: valores expresados sobre escala de 10 cm.

Dichas funciones permiten calcular, por substitución de los valores (expresados sobre escala de 10 cm) de los atributos sensoriales de una muestra problema en dichas funciones, los denominados “valores discriminantes” (D_i); el aceite queda clasificado en el grupo con mayor D_i .

Finalmente, en relación a otras zonas productoras de aceites de ‘Arbequina’, los datos medios de atributos aromáticos se resumen en la Tabla 74, mientras que los percibidos en boca se presentan en la Tabla 75, aunque deben considerarse como de fiabilidad limitada, dado el gran desequilibrio existente en la matriz de datos, a nivel de repeticiones por zona. Estos datos, junto con el resultado del análisis canónico discriminante, indican que pueden definirse cuatro grupos de aceites de ‘Arbequina’, según su origen (Figura 32):

1. Aceites de Les Garrigues (Lleida), caracterizados por una mayor intensidad de amargo y picante y unos menores niveles de dulce y frutas maduras.
2. Aceites del Priorat (Tarragona) y de California (EEUU), caracterizados por un buen equilibrio entre los atributos amargo, picante y dulce.
3. Aceites de Terra Alta (Tarragona) y Andalucía (provincia de Córdoba), con un frutado menos intenso, pero con más aromas secundarios.
4. Aceites de Siurana-Camp (Tarragona), Empordà (Girona) y Argentina (provincias de Mendoza y San Juan), con elevada intensidad de dulce y aromas secundarios de tipo maduro.

Sin embargo, no se trata de grupos cerrados y aceites de una zona pueden presentar atributos propios de otras zonas. En efecto, algunos aceites de Argentina (Mendoza y San Juan) podrían presentar perfiles similares a los de California y Priorat, mientras que algunos de Andalucía (Córdoba) y Terra Alta podrían parecerse a los de Siurana-Camp. Se trata de un tema que requeriría estudios más detallados, con más muestras y a lo largo de más campañas, incluyendo en el diseño aspectos importantes como la maduración y el sistema de extracción de las muestras analizadas.

Por otra parte, si se aplican las funciones lineales discriminantes de Fischer, calculadas anteriormente para Priorat, Garrigues y Siurana-Camp, se pueden asignar los perfiles sensoriales medios de las zonas consideradas en una de las tres ubicaciones (Tabla 75), siendo posible observar cómo los perfiles medios de California, Andalucía, Argentina y Empordà quedarían clasificados como Siurana-Camp, Terra Alta se parecería más a Garrigues y quedaría Priorat sin equivalencias en el grupo considerado.

Tabla 74.- Atributos aromáticos. Características sensoriales medias del aceite virgen elaborado, con la variedad 'Arbequina', en diferentes zonas productoras, valores expresados sobre escala de 10 cm, según la norma UE796/2002 (período 1994-2008; n=613).

Zona	Frutado	Manzana	Frutas maduras	Verde	Otros
<i>Cataluña:</i>					
Empordà	5,18 a ^z	1,70 a	2,62 a	3,52 a	3,95 a
Garrigues	4,69 a	0,69 b	0,76 d	3,39 a	3,07 b
Priorat	4,68 a	0,67 b	1,21 bcd	3,35 a	2,78 b
Siurana-Camp	4,68 a	0,91 ab	1,57 bcd	3,31 a	3,14 b
Terra Alta	4,48 a	1,06 ab	1,65 abcd	3,25 a	3,27 ab
<i>Otras zonas:</i>					
Andalucía	4,28 a	1,45 ab	2,25 ab	3,29 a	3,40 ab
Argentina ^y	5,08 a	1,45 ab	2,08 ab	3,27 a	3,26 ab
California	5,08 a	0,89 ab	1,95 abc	3,64 a	3,34 ab
F zona	0,6 ^{NS}	1,9*	3,2**	0,4 ^{NS}	3,1**

^z: por columnas, valores seguidos de la misma letra no difieren estadísticamente, según test t (P=0,05). y: muestras procedentes de las provincias de Mendoza y San Juan. * P<0,05; ** P<0,01; ***P<0,001; NS no significativo.

Tabla 75.- Atributos sensoriales de boca, puntuación equivalente y su clasificación, de acuerdo a las funciones lineales discriminantes de Fischer. Características sensoriales medias del aceite virgen elaborado, con la variedad 'Arbequina', en las diferentes zonas productoras, valores expresados sobre escala de 10 cm, según la norma UE796/2002 (período 1994-2008; n=613).

Zona	Amargo	Picante	Dulce	Astringencia	Puntuación	Zona de clasificación
<i>Cataluña:</i>						
Empordà	2,59 b ^z	3,21 b	4,85 a	0,43 c	7,55 a	Siurana-Camp
Garrigues	3,64 a	4,45 a	3,62 c	2,39 a	7,29 a	Garrigues
Priorat	3,48 a	4,19 a	3,91 bc	1,97 ab	7,29 a	Priorat
Siurana-Camp	2,83 b	3,50 b	4,15 b	1,43 abc	7,29 a	Siurana-Camp
Terra Alta	3,03 ab	3,92 ab	3,94 bc	0,94 bc	7,37 a	Garrigues
<i>Otras zonas:</i>						
Andalucía	2,28 b	3,47 b	4,31 a	0,35 c	7,19 a	Siurana-Camp
Argentina ^y	3,06 ab	4,05 ab	4,35 ab	1,40 abc	7,25 a	Siurana-Camp
California	3,43 ab	4,50 a	4,32 ab	1,24 abc	7,52 a	Siurana-Camp
F zona	2,0*	4,3***	3,7**	2,2*	0,4 ^{NS}	

^z: por columnas, valores seguidos de la misma letra no difieren estadísticamente, según test t (P=0,05). y: muestras procedentes de las provincias de Mendoza y San Juan. * P<0,05; ** P<0,01; ***P<0,001; NS no significativo.

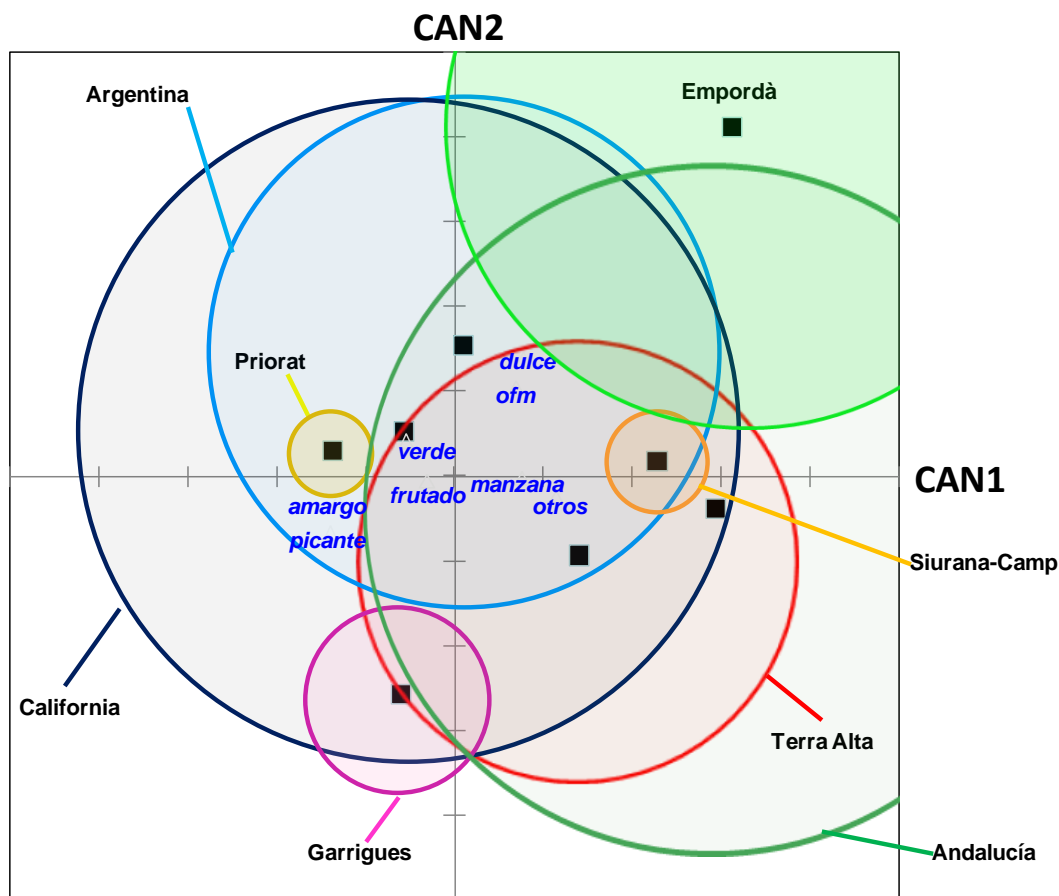


Figura 32.- Representación canónica del perfil sensorial del aceite de las 'Arbequina' producido en diferentes zonas del mundo. Representación de los valores medios de las dos primeras variables canónicas de cada población, junto con un círculo que representa el intervalo de confianza respectivo ($P=0,05$).

Estos resultados son de difícil comparación con otros de publicados, dado que usualmente se emplean solamente los atributos frutado, amargo y picante. Quizás el estudio más parecido es el ya citado de Tous et al. (1997), comparando aceites de distintas zonas catalanas, Aragón y Andalucía, y donde observan una cierta similitud entre el perfil sensorial de los aceites de Siurana-Camp con los de Andalucía, mientras que Garrigues, Priorat, Aragón y Montsià tendrían perfiles diferenciables.

6. CONCLUSIONES

1. Los resultados de la presente tesis doctoral demuestran que los aceites de la zona Priorat (en Tarragona, España), elaborados mayoritariamente con la variedad ‘Arbequina’, pueden diferenciarse objetivamente de los de otras zonas productoras del mundo que utilizan la misma variedad, incluso de las dos más cercanas a ella (Garrigues, en Lleida, y Siurana-Camp, en Tarragona). En efecto, el análisis discriminante indica que, a nivel sensorial, es posible diferenciar correctamente hasta un 80% de los aceites de categoría “extra” producidos en la zona, en relación a las zonas vecinas, diferenciación que está relacionada con los atributos sensoriales picante, otros aromas, frutado, astringencia y dulzor. También existen diferencias a nivel de composición en ácidos grasos mayoritarios (principalmente palmitoleico, oleico, palmítico y esteárico) que permiten diferenciar hasta un 50% de los aceites producidos, existiendo una gradación en la composición acidica del aceite entre las zonas Siurana-Camp (más pobre en oleico y rica en linoleico), Priorat (composición intermedia) y Garrigues (más rica en oleico y pobre en linoleico).
2. Aunque también existe una cierta variabilidad intrazonal, tanto a nivel químico como sensorial, su análisis demuestra que la misma no supone más de un 20% de coeficiente de variación, excepto en el caso de los esteroides y otros compuestos menores donde puede suponer más del 30% de variación. La variabilidad interna a nivel de composición química no es aleatoria sino que está relacionada con factores geográficos, de técnicas de cultivo y clima de cada municipio, siendo posible explicar más del 60% de la variabilidad total observada en cada parámetro. En el caso concreto de las características sensoriales, la variación intrazonal no parece relacionada con factores concretos del año o de la zona, de manera que debe considerarse como aleatoria.
3. Las características y composición de los aceites del Priorat están relacionadas con las características orográficas, climáticas y de la olivicultura y elaiotecnia de la zona. En efecto, más del 90 % de frutos procesados pertenecen a la misma variedad ‘Arbequina’, lo que confiere unas características comunes de partida; sólo en los municipios de La Serra y El Molar aparecen entre un 20 y un 25% de otras variedades, que en cualquier caso podrían acentuar más las diferencias respecto de los aceites de Siurana-Camp y Garrigues, aunque nuestros resultados

indican que la proporción de mezcla no es suficiente para dar lugar a diferencias significativas, tanto químicas como sensoriales.

4. La mezcla de aceite de ‘Arbequina’ con otras variedades, con el fin de mejorar significativamente la estabilidad, debe realizarse por encima del 25%, lo cual también da lugar a modificaciones significativas del perfil sensorial, siendo, por tanto, inviable dentro del marco de la DOP “Siurana”.
5. Con respecto a la geografía de la zona, más del 50% de plantaciones se encuentran a más de 400 m de altitud y sobre suelos antiguos, del Paleozoico, con zonas de transición hacia suelos sedimentarios del cuaternario en dirección al Camp de Tarragona y del terciario en dirección a Garrigues. La elevada latitud y altitud favorecen que los aceites sean ricos en ácidos grasos monoinsaturados, especialmente ácido oleico, lo que permite diferenciarlos de otros aceites de la misma variedad producidos en latitudes más meridionales.
6. El clima es también particular y bastante homogéneo en toda la zona, con un régimen termopluviométrico de tipo “mediterráneo prelitoral sur”, excepto al noroeste donde se observa una transición hacia el tipo “mediterráneo continental seco” de la zona Garrigues, con la que comparte un régimen hídrico similar. El régimen térmico de la zona, junto con la baja fertilidad de los suelos, favorecen la acumulación de polifenoles en frutos y aceite, lo que acentúa sus diferencias respecto de la zona de Siurana-Camp, tanto a nivel químico como sensorial.
7. El resto de factores de producción permiten explicar pequeñas diferencias entre los aceites de cada almazara de la comarca del Priorat, pero no son suficientemente importantes como para compensar las diferencias debidas a los factores geográfico y climático descritos. Solamente la expansión de los regadíos podría tener un efecto parecido, aunque de momento dicha expansión es limitada, considerando también que las dotaciones de riego son bastante reducidas.
8. Evidentemente, la “tipicidad” de los aceites del Priorat sólo afecta a una parte de la producción de cada año, que puede estimarse en un 54% del total producido (aproximadamente, un 60% de aceites de la zona son de categoría “extra”, un 80% de los cuales presentan un perfil “típico”).
9. Los resultados demuestran que es posible prever si una partida de aceitunas tiene posibilidades de producir aceites de calidad, a partir del estudio previo de determinados parámetros cualitativos de la mezcla inicial de frutos. En concreto,

un lote con más del 42% de aceitunas sanas, menos del 10% de frutos fermentados y menos del 5% de frutos arrugados o afectados por heladas, con un índice de madurez inferior a 2,5 (envero, en una escala de 0 a 7), tiene bastantes probabilidades de producir un aceite de categoría “extra”.

10. También, es posible determinar matemáticamente si un aceite presenta la composición en ácidos grasos y el perfil sensorial propios del Priorat, mediante las funciones lineales discriminantes de Fischer calculadas.
11. Se ha caracterizado la olivicultura de la zona Priorat a nivel de estructura de las explotaciones y de las técnicas de cultivo aplicadas. Se trata de plantaciones muy pequeñas (1 ha), organizadas en terrazas, con densidades de plantación bajas (menos de 200 olivos/ha), de más de 50 años, siendo un monocultivo en la zona septentrional y combinándose con la viña y el avellano en las zonas más meridionales. Las técnicas de cultivo aplicadas se adaptan a los requerimientos de la zona, mayoritariamente en secano, con podas anuales de poca intervención (tipo “Bellaguarda”), abonado anual normalmente químico (que suele resultar insuficiente para cubrir las necesidades teóricas de la zona), escasos tratamientos fitosanitarios y recolección algo tardía, de tipo manual o con vibradores portátiles e interceptando los frutos con mantones. Se trata de una olivicultura tradicional, de baja rentabilidad, difícil de mecanizar y con escasas posibilidades de aumentar su potencial productivo, incluso con la puesta en riego, y que debe buscar su viabilidad en la producción y venta de aceites de alto valor en el mercado, de calidad contrastable y debidamente tipificados.
12. Se han caracterizado los procesos de elaboración utilizados en las almazaras de la zona, actualmente todas en sistema continuo de 2 fases (decanter de 2 salidas), de capacidad reducida o media (20-100 t/24h) y reguladas de manera que permiten aprovechar el potencial de calidad aportado por las aceitunas entregadas por los agricultores, a excepción de La Mola y El Molar con problemas concretos en su instalación (de batidora excesivamente grande la primera y decanter demasiado pequeño la segunda) que deberían solucionar.
13. El sistema actual de lavado de frutos con agua, en circuito cerrado, da lugar a un incremento importante del nivel de contaminación microbiana de las aceitunas durante su almacenamiento, que puede tener repercusiones en la calidad del aceite obtenido.

Actualmente, los resultados de estos trabajos sirven de base para establecer estrategias comerciales de venta de los aceites vírgenes del Priorat. Los almazareros y envasadores escogen aquellos aceites que presentan unas características particulares y propias de la zona, dedicando el resto de la producción al autoconsumo y al mercado de graneles. Sin embargo, estos resultados también podrían aplicarse a mayor escala para posicionar los aceites vírgenes de toda la DOP “Siurana” en el mercado internacional. En efecto, los resultados sugieren que, considerando que los aceites del Priorat están incluidos en la DOP “Siurana”, y que los aceites de la zona litoral de dicha DOP son muy parecidos a los de Andalucía y algunas nuevas zonas productoras (California y Argentina), una buena estrategia de dicha DOP sería aprovechar los aceites de Priorat para diferenciar aquella parte de aceites que se dirige a mercados donde deben competir con aquellos procedentes de las citadas zonas.

7. BIBLIOGRAFIA CITADA

- Alba, J. 1995. Nuevas tecnologías para la obtención de aceite de olive. *Fruticultura* 62 (suplemento Olivicultura): 85-95.
- Ajana, H., El Antari, A. y Hafidi, A. 1998. Fatty acids and sterols evolution during the ripening of olives from the Moroccan Picholine cultivar. *Grasas y Aceites*, 49(5-6): 405-410.
- Alcubilla, M., Broca, A., Sáez, E., Negueruela, A.I., Monge, E., Val, J., Espada, J.L. y Gracia, M.S. 2002. Medio agrológico y calidad del aceite de oliva en Aragón: relaciones entre el estado nutricional del olivo y su composición polifenólica. *Dir. Gral. de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, Junta de Andalucía* p. 320-324.
- Alegre, S., Marsal, J., Mata, M., Arbnés, A., Girona, J. y Tovar, M.J. 2002. Regulated deficit irrigation in olivet rees (*Olea europaea* L.) for oil production. *Acta Hort.* 586, Vol. 1: 259-262.
- Allalout, A., Krichène, D., Methenni, K., Taamalli, A., Oueslati, I., Daoud, D y Zarrouk, M. 2009. Characterization of virgin olive oil from super intensive Spanish and Greek varieties grown in northern Tunisia. *Sci. Hort.* 120: 77-83.
- Alonso-Salces, R.M., Héberger, K., Holland, M.V., Moreno-Rojas, J.M., Mariani, C., Bellan, G., Reneiro, F. y Guillou, C. 2010. Multivariate analysis of NMR fingerprint of the unsaponifiable fraction of virgin olive oils for authentication purposes. *Food Chemistry*, 118: 956-965.
- Alves, M.R., Cunha, S.C., Amaral, J.S., Pereira, J.A. y Oliveira, M.B. 2005. Classification of PDO olive oils on the basis of their sterol composition by multivariate analysis. *Analytica Chemical Acta* 549: 166-178.
- Andrewes, P., Busch, J.L.H.C., De Joode, T., Groendewegen A. y Alexandre, H. 2003. Sensory properties of virgin olive oil polyphenols: identification of deacetoxy-ligustroside aglycon as a key contributor to pungency. *J. Agr. Food Chem.* 51: 1415-1420.
- Angerosa, F. y DiGiovacchino, L. 1996. Natural antioxidants of virgin olive oil obtained by two and tri-phase centrifugal decanters. *Grasas y Aceites* 47(4): 247-254.
- Angerosa, F., Lanza, B. y Marsilio, V. 1996a. Biogenesis of "fusty" defect in virgin olive oils. *Grasas y Aceites* 47 (3): 142-150.
- Angerosa, F., Giacinto, L. di, Basti, C. y Serraiocco, A. 1996b. Influence of pedoclimatic parameters on virgin olive oil composition. *Rivista Italiana delle Sostanze Grasse* 73(10): 461-467.
- Angerosa, F., d'Alessandro, N., Basti, C. y Vito, R. 1998. Biogenesis of volatile compounds in virgin olive oil: their evolution in relation to malaxation time. *J. Agr. Food Chem.* 46: 2940-2944.
- Angerosa, F., Breas, O., Contento, S., Guillou, C., Reniero, F. y Sada, E. 1999. Application of stable isotope ratio analysis to the characterization of the geographical origin of olive oils. *J. Agr. Food Chem.* 47(3): 1013-1017.
- Angerosa, F., Mostallino, R., Basti, C., Vito, R. y Serraiocco, A. 2000a. Virgin olive oil differentiation in relation to extraction methodologies. *J. Sci. Food Agr.* 80: 2190-2195.
- Angerosa, F., Mostallino, R., Basti, C. y Vito, R. 2000b. Virgin olive oil odour notes: their relationships with volatile compounds from the lipoxygenase pathway and secoiridoid compounds. *Food Chemistry* 68: 283-287.

- Angerosa, F. y Basti, C. 2003. The volatile composition of samples from the blend of monovarietal olive oils and from the processing of mixtures of olive fruits. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 105: 327-332.
- Angerosa, F., Servili, M., Selvaggini, R., Taticchi, A., Exposto, S. y Montedoro, G.F. 2004. Volatile compounds in virgin olive oil: occurrence and their relationship with the quality. *J. Chrom. Ann.* 1054: 17-31.
- Aparicio, R. y Luna, G. 2002. Characterisation of monovarietal virgin olive oils. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 104: 614-627.
- Artajo, L.S., Romero, M.P. y Motilva, M.J. 2006a. Transfer of phenolic compounds during olive oil extraction in relation to ripening stage of the fruit. *J. Sci. Food Agr.* 86: 518-527.
- Artajo, L.S., Romero, M.P., Tovar, M.J. y Motilva, M.J. 2006b. Effect of irrigation applied to olive trees (*Olea europaea* L.) on phenolic compound transfer during olive oil extraction. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 108: 19-27.
- Artajo, L.S., Romero, M.P., Suárez, M. y Motilva, M.J. 2007. Partition of phenolic compounds during the virgin olive oil industrial extraction process. *Eur. Food Res. Technol.* 225: 617-625.
- Baptista, P. y Pereira, J.A. 2004. Influence of soil management (natural vegetation and tillage) on physiological parameters in *Olea europaea* cv. Cobrançosa. *Acta Hort.* 791.
- Beltrán, G. y Jimenez, A. 2002. Estudio de las condiciones de batido de la pasta: tiempo, temperatura y coadyuvantes. Influencia sobre el rendimiento del proceso y los copuestos de interés nutricional y sensorial. Proyecto CAO01-019. p. 88-90. Jornadas de investigación y transferencia de tecnología al sector oleícola. Junta de Andalucía. Univ. Córdoba 20-21 Noviembre 2002.
- Ben Rouina, B., Trigui, A. y Boukhirs, M. 2002. Effect of the climate and the soil conditions on crops performance of the 'Chemlali de Sfax' olive trees. *Acta Hort.* 586 Vol. 1: 285-289.
- Berenguer, M.J., Vossen, P.M., Grattan, S.R., Connell, J.H. y Polito, V.S. 2006. Tree irrigation levels for optimum chemical and sensory properties of olive oil. *Hortscience* 41(2): 427-432.
- Bianchi, G. 1999. Extraction systems and olive oil. *OCL* Vol. 6(1): 49-56.
- Bianchi, G., Giansante, L., Shaw, A. y Kell, D.B. 2001. Chemometric criteria for the characterization of Italian protected denomination of origin (PDO) olive oils from their metabolic profiles. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 103: 141-150.
- Bianchi, G., Di Vincenzo, D. y Giansante, L. 2002. Chemometrics for the classification of DOP olive oils. *Acta Hort.* 586 Vol. 2: 599-602.
- Boggia, R., Zunin, P., Lanteri, S., Rossi, N. y Evangelisti, F. 2002. Classification and class-modeling of "Riviera Ligure" extra-virgin olive oil using chemical-physical parameters. *J. Agr. Food Chem.* 50: 2444-2449.
- Bongi, G. 2004. Modelli produttivi in olivicultura. *Olivo e Olio* 9: 8-15.
- Bosch, A., Danés, R. y Boixadera, J. 1985. Caracterización edafoclimática de las 2546 ha dominadas por el embalse de Guiamets (Tarragona). *DARP*.
- Canet, M. y García, J.M. 1999. Repercusión de la frigoconservación de la aceituna de molino en el proceso de producción de aceite de oliva virgen. *Grasas y Aceites* 50(3): 181-184.
- Caponio, F., Gomes, T., Summo, C. y Pasqualona, A. 2003. Influence of the type of olive-crusher use on the quality of extra virgin olive oils. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 105: 201-206.

- Carvalho, M.T., Simoes, P. y Monteiro, M.J. 2008. Influence of different olive infection rates of *Colletotrichum acutatum* on some important olive oil chemical parameters. *Acta Hort.* 791: 555-558.
- Cert, A., Alba, J., León, M., Moreda, W. y Pérez, M.C. 1996. Effects of talc addition and operating mode on the quality and oxidative stability of virgin olive oils obtained by centrifugation. *J. Agr. Food Chem.* 44(12): 3390-3934.
- Chazarra, A. 2006. Clasificación climática de Thornthwaite para España obtenida mediante técnicas SIG. XXIX Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española.
- Civantos, M. 1999. Control de plagas y enfermedades del olivar. COI, colección "Manuales prácticos", Madrid.
- Cobertera, E. 1986. Los suelos cultivados de la provincia de Tarragona. Diputación de Tarragona, Tarragona.
- COI (Consejo Oleícola Internacional), 1990. Progresos del estudio de métodos modernos de análisis para los aceites de oliva y los aceites de orujo de aceituna. *Olivae* 30(2): 11-15.
- COI (Consejo Oleícola Internacional), 2009. Cincuenta años de evolución del sector oleícola. *Olivae* 112: 4-11.
- Conde, C., Delrot, S. y Gerós, H. 2008. Physiological, biochemical and molecular changes occurring during olive development and ripening. *J. Plant Physiology* 165: 1545-1562.
- Dabbou, S., Issaoui, M., Servili, M., Taticchi, A., Sifi, S., Montedoro, G.F. y Hammami, M. 2009. Characterisation of virgin olive oils from European olive cultivars introduced in Tunisia. *Er. J. Lipid Sci. Technol.* 111: 392-401.
- DARP (Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca), 1989. Estudi de caracterització edafo-climàtica de la zona regable de Margalef (Tarragona). Editorial Draft.
- D'Andria, R., Morelli, G., Patumi, M. y Fontanazza, G. 2002. Irrigation regime affects yield and oil quality of olive trees. *Acta Hort.* 586 Vol. 1: 273-276.
- Di Giovacchino, L. 1996. Influencia de los sistemas de extracción en la calidad del aceite de oliva. *Olivae* 63(9): 52-63.
- Di Giovacchino, L., Costantini, N., Surrichio, G. y Basti, C. 2001. Natural and volatile compounds of virgin olive oils obtained by two or three-phases centrifugal decanters. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 103: 279-285.
- Di Giovacchino, L., Costantini, N., Ferrante, M.L. y Serraiocco, A. 2002a. Influence of malaxation time of olive paste on oil extraction yields and chemical and organoleptic characteristics of virgin olive oil obtained by a centrifugal decanter at water saving. *Grasas y Aceites* 53(2): 179-186.
- Di Giovacchino, L., Sestili, S. y Di Vincenzo, D. 2002b. Influence of olive processing on virgin olive oil quality. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 104: 587-601.
- Di Giovacchino, L., Mucciarella, M.R., Costantini, N. y Ferrante, M.L. 2002c. Virgin olive oil storage and stability. *Acta Hort.* 586. Vol. 2: 567-569.
- Díaz-Espejo, A., Hafidi, B., Fernández, J.E., Palomo, M.J. y Sinoquet, H. 2002. Transpiration and photosynthesis of the olive tree: a model approach. *Acta Hort.* 586 Vol. 2: 457-460.
- D'Imperio, M., Mannina, L., Capitani, D., Bidet, O., Rossi, E., Bucarelli, F.M., Quaglia, G.B. y Segre, A. 2007. NMR and statistical study of olive oils from Lazio: a geographical, ecological and agronomic characterization. *Food Chemistry* 105: 1256-1267.

- Doménech, M. y Albalà, S. 2008. Aceites de olive virgin extra de Cataluña con DOP. p. 128-144. En: J. Boatella y J. Contreras (eds.), Los aceites de oliva de Cataluña. Generalitat de Catalunya y Edicions 62 SA, Barcelona.
- Donaire, J.P., Sánchez, A.J., López, J. y Recalde, L. 1975. Metabolic changes in fruit and leaf during ripening in the olive. *Phytochemistry* Vol. 14: 1167-1169.
- EL Antari, A., Hital, A., Boulouha, B. y EL Moudni, A. 2000. Estudio de la influencia de la variedad, los factores ambientales y la técnicas de cultivo en las características de los frutos y la composición química del aceite de oliva virgin extra de Marruecos. *Olivae* 80: 29-36.
- El Antari, A., El Moudni, A. y Ajana, H. 2003. Comparación de la calidad y la composición acídica del aceite de oliva de algunas variedades mediterráneas cultivadas en Marruecos. *Olivae* 95: 26-31.
- Faci, J.M., Berenguer, M.J., Espada, J.L. y Gracia, S. 2002a. Effect of variable water irrigation supply in olive (*Olea europaea* L.) cv. Arbequina in Aragon (Spain). II. Extra virgin oil quality parameters. *Acta Hort.* 586 Vol. 2: 649-652.
- Faci, J.M., Berenguer, M.J., Gracia, M.S. y Espada, J.L. 2002b. Influencia del riego variable en la producción y calidad del aceite de un olivar adulto de cv. 'Arbequina' (*Olea europaea* L.). Dir. Gral. de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, Junta de Andalucía p. 316-319.
- Failla, O., Tura, D. y Bassi, D. 2002. Genotype-environment-year interaction on oil antioxidants in an olive district of Northern Italy. *Acta Hort.* 586 Vol. 1: 171-174.
- Fernández, J., Aguilar, M. y Pined, M. 2002. Caracterización y autenticación de aceites de oliva de la provincia de Córdoba. Dir. Gral. de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, Junta de Andalucía p. 80-82.
- Fernández-Escobar, R., García, J.M., Sánchez, M.A., Uceda, M., Beltrán, G. y Aguilera, M.P. 2002. Efecto del abonado nitrogenado en la producción y la calidad del aceite de oliva. Dir. Gral. de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, Junta de Andalucía p. 300-302.
- Gallardo, L., Gutiérrez, F., Gandul, B. y Mínguez, M.I. 2003. Cambios en la composición clorofílica carotenoide del aceite de oliva viren durante su almacenamiento. p. 633-640. En: J.A. Pérez, D. Martínez, S. Castillo, D. Valero y E.Sayas (eds.), II Cong. Nal. De Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Vol. 2.
- García-González, D.L., Luna, G., Morales, M.T. y Aparicio, R. 2009. Stepwise geographical traceability of virgin olive oils by chemical profiles using artificial neural network models. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 111: 1003-1013.
- Gracia, M.S. 1996. El olivar y su aceite en Aragón. *Oleo* (especial SIO-96): 44-46.
- Gracia, M.S., Royo, A. y Guillen, M. 2009. Chemical composition of olive oils from Arbequina and Empeltre varieties grown in irrigation. *Grasas y Aceites* 60(4): 321-329.
- Graciani, E. 2006. Los aceites y grasas: Compuestos y propiedades. A.Madrid Vicente y Mundi-Prensa, Madrid.
- Guimet, F., Boque, R. y Ferre, J. 2005. Study of oils from the protected denomination of origin "Siurana" using excitation-emission fluorescence spectroscopy and three-way methods of analysis. *Grasas y Aceites* 56(4): 292-297.
- Gutiérrez González Quijano, R. 1987. Parámetros de calidad en el aceite de oliva. I. En su utilización en crudo. III Simp. Nal. Aceite de Oliva, Jaén.
- Gutiérrez, F., Perdiguero, S., Gutiérrez, R. y Olias, J.M. 1992. Evaluation of the bitter taste in virgin olive oil. *J. Am. Oil Chem. Society* 69(4): 394-395.

- Gutiérrez, R., Janer, C., Janel, M.L., Gutiérrez, F. y Vázquez, A. 1977. Relación entre polifenoles y la calidad y estabilidad del aceite de oliva virgen. *Grasas y Aceites*, 28: 101-106.
- Hermoso, J.F., Romero-Aroca, A., Tous, J. y Plana, J. 1998. Almazaras en Cataluña. Estado actual de los molinos aceiteros en las principales zonas oleícolas catalanas. *Agricultura* 788(3): 234-238.
- Hermoso, J.F., Romero-Aroca, A., Tous, J. y Plana, J. 2001. Incidencia del sistema de recolección en la calidad del aceite de oliva en el sur de Cataluña. IV Cong. Ibérico de Ciencias Hortícolas, Cáceres. 2010-2020.
- Hermoso, M., González, J., Uceda, M., García-Ortiz, A., Morales, J., Frías, L. y Fernández, A. 1995. Elaboración de aceite de oliva de calidad. II.- Obtención por el sistema de dos fases. Colección Apuntes, nº.11/94. Edita Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla.
- Hermoso, M., Jiménez, A., Uceda, M., Gracia-Ortiz A. y González, J. 2002. Análisis de la extracción del aceite de oliva mediante centrifugación en dos fases sin producción de alpechín. *Dir. Gral. de Investigación y Formación Agraria y Pesquera*, Junta de Andalucía p. 66-69.
- Hernández, M.L., Padilla, M.N., Mancha, M. y Martínez-Rivas, J.M. 2009. Expression analysis identifies FAD2-2 as the olive oleate desaturase gene mainly responsible for the linoleic acid content in virgin olive oil. *J. Agr. Food Chem.* 57(14): 6199-6208.
- Ilyasoglu, H., Ozcelik, B., Van Hoed, V. y Verhe, R. 2010. Characterization of Aeginan olive oils by their minor compounds. *J. Am. Oil Chem. Society* 87(6): 627-636.
- Kiritsakis, A., Nanos, G.D., Polymenopoulos, Z., Thomai, T. y Sfakiotakis, E.M. 1998. Effect of fruit storage conditions on olive oil quality. *J. Am. Oil Chem. Society* 75(6): 721-724.
- Koutsaftakis, A., Kotsifaki, F., Stefanoudaki, E. y Cert, A. 2000. Estudio sobre variaciones de determinados parámetros químicos y de los componentes menores de los aceites de oliva virgen obtenidos de aceitunas recolectadas en distintas fases de maduración. *Olivae* 80(2): 22-27.
- Koutsaftakis, A., Kotsifaki, F., Papamanolioudaki, A. y Stefanoudaki, E. 2002. Effect of olive crushing parameters on the qualitative characteristics of virgin olive oil. *Acta Hort.* 586 Vol. 2: 645-648.
- Krichene, D., Allalout, A., Baccouri, B., Fregapane, G.Q., Salvador, M.D. y Zarrouk, M. 2009. Territorial investigation base don the chemical composition of Chemlali virgin olive oils. *Asian Journal of Biochemistry* 4(1): 1-12.
- Lanteri, S., Armanino, C., Perri, E. y Palopoli, A. 2002. Study of oils from Calabrian olive cultivars by chemometrics methods. *Food Chemistry* 76: 501-507.
- Laroussi, S., Grati-Kamoun, N., Msallem, M. y Ben Slama. 2006. Study of the behaviour of 'Arbequina' olive variety in different regions of Tunisia. In proceeding of Olivebioteq 2006. Vol II: 143-147.
- Lazzez, A., Perri, E., Caravita, M.A., Khlif, M. y Cossentini, M. 2008. Influence of olive maturity stage and geographical origin on some minor components in virgin olive oil of the Chemlali variety. *J. Agr. Food Chem.* 56(3): 982-988.
- Leon, L., De la Rosa, R., Gracia, A., Barranco, D. y Rallo, L. 2008. Fatty acid composition of advanced olive selections obtained by crossbreeding. *J. Sci. Food. Agric.* 88: 1921-1926.
- Lercker, G., Frega, N., Bocci, F. y Mozzon, M. 1999. Constituyentes volátiles y estabilidad oxidativa de aceites vírgenes de oliva: influencia del batido de la pasta de aceitunas. *Grasas y Aceites* 50(1): 26-29.

- López Bonillo, D. 1988. Los climas de Tarragona y sus repercusiones agrícolas. Publicacions de la Diputació de Tarragona, Tarragona.
- Mailer, R.J., Aytou, J. y Graham, K. 2010. The influence of growing region, cultivar and harvest timing on the diversity of Australian olive oil. *J. Am. Oil Chem. Society* 87: 877-884.
- Mannina, L., Patumi, M., Proietti, N., Bassi, D. y Segre, A.L. 2001. Geographical characterization of Italian extra virgin olive oils using high-field ^1H NMR spectroscopy. *J. Agr. Food Chem.* Vol. 49(6): 2687-2696.
- MARM (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino), 2010. Superficies y producciones agrarias, Avances Noviembre 2010.
- Marone, E., Mersi, R., Ottanelli, A. y Fiorino, P. 2009. Productividad y características del aceite en una plantación en sistema superintensivo en Italia central. *Olint*, 17: 16-21.
- Martín-Vide, J. 1992. El Clima, Geografía General dels Països Catalans. Enciclopèdia Catalana, Barcelona.
- Martínez, L., Rodríguez, S., Giménez, J.A., Lozano, J.L. y Cobo, A. 2002. Evolución del contenido en ceras de los aceites vírgenes de oliva durante el almacenamiento en bodega. Proyecto CAO01-016. p. 98-102. En: Dir. Gral. de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (eds.). Jornadas de investigación y transferencia de tecnología al sector oleícola. Junta de Andalucía. Univ. Córdoba 20-21 Noviembre 2002.
- Mattar, S. y Turcato, A. 2006. Correlaciones entre los parámetros químicos y sensoriales del aceite de oliva virgen de San Juan. *A&G* 64, Tom XIV, Vol.3: 420-427.
- Montedoro, G.F. 1991. I caratteri che definiscono la qualità dell'olio d'oliva. Convegno di studio "Qualità dell'olio d'oliva e tecnologie di lavorazione". Lecce.
- Montedoro, G.F., Selvaggini, R., Begliomini, A.L., Baldioli, M., Esporto, S. y Servili, M. 2005. Questa filtrazione s'ha da fare. *Olivo e Olio* 5: 32-40.
- Montedoro, G.F., Taticchi, A., Esposto, S., Selvaggini, E., Urbani, S. y Servili, M. 2007. Antioxidants in virgin olive oil. *Olea* 26: 5-13.
- Morales, M.T., Angerosa, F. y Aparicio, R. 1999. Effect of the extraction conditions of virgin olive oil on the lipoxygenase cascade: chemical and sensory implications. *Grasas y Aceites* 50(2): 114-121.
- Morelló, J.R. 2004. Caracterización de la fracción fenólica del fruto y del aceite de oliva virgen de la variedad 'Arbequina' y evaluación de la influencia de algunos factores agronómicos y tecnológicos. Tesis doctoral. UdL, E.T.S.E.A. Dep. Tecnologia d'Aliments.
- Morelló, J.R., Motilva, M.J., Tovar, M.J. y Romero, M.P. 2004. Changes in commercial virgin olive oil (cv Arbequina) during storage, with special emphasis on the phenolic fraction. *Food Chem.* 85(3): 357-364.
- Morelló, J.R., Vourela, S., Romero, M.P., Motilva, M.J. y Heiroven, M. 2005. Antioxidant activity of olive pulp y olive oil phenolic compounds of the 'Arbequina' cultivar. *J. Agr. Food Chem.* 53: 2002:2008.
- Motilva, M.J., Tovar, M.J., Romero, M.P., Alegre, S. y Girona, J. 2000. Influence of regulated deficit irrigation strategies applied to olivet rees (*Arbequina* cultivar) on oil yield and oil composition during the fruit ripening period. *J. Sci. Food Agr.* Vol.80: 2037-2043.
- Motilva, M.J., Tovar, M.J., Alegre, S. y Girona, J. 2002. Evolution of oil accumulation and polyphenol content in fruits of olive tree (*Olea europaea* L.) related to different irrigation strategies. *Acta Hort.* 586 Vol. 1: 345-348.

- Motisi, A. y Gullo, G. 2002. Effect of soil texture on root hydraulic conductivity in *Olea europaea* L. Cv. "Nocellara del Belice" potted trees.. Acta Hort. 586 Vol. 2: 503-506.
- Motisi, A., Campisi, G., Caruso, T., Sacchi, R., Ambrosino, M.L. y Finoli, C. 2004. Variability of olive oil quality as related to cultivar and agronomic factors in Sicily. Acta Hort. 791.
- Ouni, Y., Flamini, G., Guerfel, M., Ben Youssef, N., Douja, D. y Zarrouk, M. 2011. The compositional quality and volatile compounds of samples from the blend of monovarietal olive oils cultivated in Tunisia. Int. J. Food Sci. and Technol., 46: 678-686.
- Padilla, M.N., Hernández, M.L., Sanz, C. y Martínez-Rivas, J.M. 2009. Functional characterization of two 13-lipoxygenase genes from olive fruit in relation to the biosynthesis of volatile compounds of virgin olive oil. J. Agrc. and Food Chem. 57(19): 9097-9107.
- Pastor, M., Humanes, J., Vega, V. y Castro, J. 1998. Diseño y manejo de plantaciones de olivar. Monografías 22/98. Dir. Gral. de Investigación y Formación Agraria de la Junta de Andalucía, Sevilla.
- Pastor, M. 2003. Influencia del riego sobre la calidad del aceite de oliva. Oleo, 92: 76-87.
- Peña, A., Giráldez, J.V., Ayuso, J.L. y Taguas, E.V. 2002. Análisis de los riesgos erosivos de los sistemas de manejo del suelo en diferentes zonas olivareras de Andalucía. Dir. Gral. de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, Junta de Andalucía p. 244-247.
- Pinheiro, A.C., Sampaio, E., Piçarra, I.A., Santos, L.S., Peça, J.O. y Barriguiha, A. 2004. Soil conservation practices in olive orchards. Acta Hort. 791.
- Proietti, P., Famiani, F. y Tombesi, A. 1999. Gas exchange in olive fruit. Photosynthetica 36(3): 423-432.
- Rabiei, V., Ghorbani, S. y Hajnajari, H. 2011. Effect of temperature and storage period of olive (*Olea europaea* cv. Zard) fruit on olive oil quality. J. of Food Agriculture & Environment 9(1): 74-77.
- Ramos, A., Peres, F., Simões, P. y Pinheiro, M.C. 2008. Olive ripening and harvest time in portuguese cultivars of "Beira interior" region. Acta Hort. 791: 693-696.
- Ramos-Martín, M.C., Jones, G.V. y Martínez-Casanovas, J.A. 2008. Structure and trends in climate parameters affecting winegrape production in northeast Spain. Climate Research Vol. 38: 1-15.
- Ranalli, A. y Angerosa, F. 1996. Integral centrifuges for olive oil extraction. The qualitative characteristics of products. J. Am. Oil Chem. Society 73(4): 417-422.
- Ranalli, A., De Mattia, G., Patumi, M. y Proietti, P. 1999. Quality of virgin olive oil as influenced by origin area. Grasas y Aceites 50(4): 249-259.
- Ranalli, A., Contento, S., Schiavone, C. y Simone, N. 2001a. Malaxing temperature affects volatile and phenol composition as well as other analytical features of virgin olive oil. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 103: 228-238.
- Ranalli, A., Cabras, P., Iannucci, E. y Contento, S. 2001b. Lipochromes, vitamins, aromas and other components of virgin olive oil are affected by processing technology. Food Chemistry 73: 445-451.
- Ranalli, A., Pollastri, L., Contento, S., Di Loreto, G., Iannucci, E., Lucera, L. y Russi, F. 2002. Sterol and alcohol components of seed, pulp and whole olive fruit oils. Their use to characterize olive fruit variety by multivariates. J. Sci. Food Agr. 82: 854-859.

- Ranalli, A., Pollastri, L., Contento, S., Iannucci, E. y Lucera, L. 2003. Effect of olive paste kneading process time on the overall quality of virgin olive oil. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 105: 57-67.
- Ranalli, A., Malfatti, A., Lucera, L., Contento, S. y Sotiriou, E., 2005. Effects of processing techniques on the natural colourings and the other functional constituents in virgin olive oil. *Food Res. Int.* 38: 873-878.
- Rivera del Alamo, R.M., Fregapane, G., Aranda, F., Gómez-Alonso, S. y Salvador, M.D. 2004. Sterol and alcohol composition of ‘Cornicabra’ virgin olive oil: the campesterol content exceeds the upper limit of 4% established by UE regulations. *Food Chemistry*, 84: 533-537.
- Rodis, P.S., Karathanos, V.T. y Mantzavinou, A. 2002. Partitioning of olive oil antioxidants between oil and water phases. *J. Agr. Food Chem.* 50: 596-601.
- Romero, M.P., Tovar, M.J., Motilva, M.J., Luna, M. y Girona, J. 2002. Effect of irrigation strategies applied on olive tree (*Olea europaea* L.) on oil pigment content and colour. *Acta Hort.* 586 Vol. 1: 325-328.
- Romero, M.P., Tovar, M.J., Ramo, T., Motilva, M.J. 2003. Effect of crop season on the composition of virgin olive oil with protected designation of origin "Les Garrigues". *J. Am. Oil Chem. Soc.* 80(5): 423-430.
- Romero-Aroca, A. y Tous, J. 2005. Análisis Sensorial de Aceite Virgen de Oliva. Disponible en: http://www.percepnet.com/cien12_03htm.
- Romero-Aroca, A. y Tous, J. 2008. Características sensoriales de los aceites de oliva vírgenes producidos en Cataluña. p. 116-127. En: J. Boatella y J. Contreras (eds.), Los aceites de oliva de Cataluña. Generalitat de Catalunya y Edicions 62 SA, Barcelona.
- Romero-Aroca, A., Tous, J., Plana, J., Santos, J., Hermoso, M., Uceda, M. y Graell, J. 1995. Estat actual de les almàsseres de les DOP “Siurana” i “Garrigues”. I Simposi de l’olivera Arbequina a Catalunya. Les Borges Blanques 9 a 10 Novembre.
- Romero-Aroca, A., Guerrero, L., Tous, J. y Piñol, M. 1998. El panel de cata de aceites vírgenes de oliva de Cataluña. *Agricultura* 788(3): 244-246.
- Romero-Aroca, A., Tous, J. y Guerrero, L. 1999. El análisis sensorial del aceite de oliva virgen. p. 183-198. En: J. Sancho, E. Bota, y J.J. De Castro (eds.), Introducción al análisis sensorial de los alimentos. UB, Barcelona.
- Romero-Aroca, A., Tous, J., Guerrero, L. y Piñol, M. 2001. El panel de tast d’olis verges d’oliva de Catalunya. *Catalunya Rural i Agraria* 77: 29-31
- Romero-Aroca, A., Díaz, I. y Tous, J. 2002. Optimal harvesting period for ‘Arbequina’ olive cultivar in Catalonia (Spain). *Acta Hort.* 586 Vol. 1: 393-396.
- Romero-Aroca, A., Tous, J. y Guerrero, L. 2005. Caracterización sensorial (Banco de germoplasma de Cataluña). p. 373-382. En: L. Rallo, D. Barranco, J.M. Caballero, C. del Río, A. Martín, J. Tous e I. Trujillo (eds.), Variedades de olivo en España (libro II: Variabilidad y selección). Junta de Andalucía, MAPA y Mundi-Prensa, Madrid.
- Romero-Aroca, A., Hermoso, J.F., Martí, E. y Tous, J. 2006. Programa de mejora de la gestión de la calidad de aceites vírgenes en Cataluña. *Fruticultura* 160 (especial olivicultura IV): 92-96.
- Romero-Aroca, A., Calvo, M.A. y Tous, J. 2009. Uso de muestras de referencia para verificar la fiabilidad de paneles de cata de aceites acreditados por ISO 17025. IBEROLAB-V, Barcelona.
- Rotondi, A. y Lecker, G. 2002. Influence of olive ripening degree on the composition and stability of olive oil.. *Acta Hort.* 586 Vol. 2: 657-661.

- Rubio, L.A., de Pablos, C., Montañés, J., Lucena, B., Cáceres, F., Manrique, T. y Méndez, M.A. 2003. El olivar andaluz. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca.
- Ruíz, B. 2008. Las Denominaciones de Origen Protegidas de aceite de España. *Distribución y Consumo* 11-12: 56-68
- Sadeghi, H. y Talaii, A.R. 2002. Impact of environmental conditions on fatty acids combination of olive oil in an Iranian olive, cv. Zard. *Acta Hort.* 586 Vol. 2: 579-581.
- Salvador, M.D., Aranda, F., Gomez-Alonso, S. y Fregapane, G. 2001. Cornicabra virgin olive oil: a study of five crop seasons. Composition, quality and oxidative stability. *Food Chemistry* 74(3): 267-274.
- Salvador, M.D., Aranda, F., Gómez-Alonso, S., Fregapane, G. 2003. Influence of extraction system, production year and area on Cornicabra virgin olive oil: a study of five crop seasons. *Food Chemistry* 80: 359-366.
- Inarejos-García, A.M., Santacatterina, M. Salvador, M.D., Fregapane, G. y Gómez-Alonso, S. 2010. PDO virgin olive oil quality-Minor components and organoleptic evaluation. *Food Res. Int.* 43: 2138-2146.
- Salas, J., Pastor, M., Castro, J. y Vega, V. 1997. Influencia del riego sobre la composición y características organolépticas del aceite de oliva. *Grasas y Aceites* 48(2): 74-82.
- Servili, M., Piacquadio, P., De Stefano, G., Taticchi, A y Sciancalepore, V. 2002. Influence of a new crushing technique on the composition of the volatile compounds and related sensory quality of virgin olive oil. *Eur. J. Lipid Sci. Technol* 104 : 483-489.
- Servili, M., Esposto, S., Taticchi, A., Urbani, S., Veneziani, G., Di Maio, L., Schaggini, R. dn, Gucci, R. 2011. From the orchard to the virgin olive oil quality : a critical overview. *Acta Hort.* (in press).
- Simões, P., Pinheiro, C., Cordeiro, A.M. y Marcelo, M.E. 2002. Effect of the nitrogen and potassium fertilization on fatty acids composition and oxidative stability for 'Carrasquenha' cultivar olive oil at different harvest periods-Preliminary study. *Acta Hort.* 586 Vol. 1 : 337-340.
- Solé, M.A., 1994. Influencia del riego de auxilio por goteo con pequeñas dosis de agua en olivos de Las Garrigas (cv Arbequina). *Fruticultura (especial olivicultura)*, 62: 24-36.
- Solinas, M. 1990. Caratteristiche analitiche degli oli vergini di olive e marchio di qualità. *L'Informatore Agrario* 47 : 19-25.
- Suárez, M., Macià, A., Romero, M.P. y Motilva, M.J. 2008. Improved liquid chromatography tandem mass spectrometry method for the determination of phenolic compounds in virgin olive oil. *J. Chromatography A*, 1214: 90-99.
- Tombesi, A. y Antaras, T. 1998. La tecniche colturali e la qualità dell'olio d'oliva. *Rivista di Frutticoltura* 7-8: 25-30.
- Tombesi, A., Boco, M. y Pilli, M. 1998. Microclima del frutto: influenza della luce sull'accrescimento e sulla sintesi dell'olio. *Rivista di Frutticoltura* 7-8: 63-67.
- Torres, M.M., Pierantozzi, P., Cáceres, M.E., Labombarda, P., Fontanazza, G. y Maestri, D.M. 2009. Genetic and chemical assessment of 'Arbequina' olive cultivar grown in Córdoba province, Argentina. *J. Sci. Food. Agric.* 89: 523-530.
- Tous, J. 1990. El olivo. Situación y perspectivas en Tarragona. *Diputació de Tarragona, Tarragona.*
- Tous, J. 1991. Caracterización y estudio de las variedades de olivo en Cataluña. Tesis doctoral E.T.S.I.A. Lleida (UPC).

- Tous, J. 2009. Sistemas de producción del olivo en alta densidad p. 39-55. En: J.Vilar (eds). Algunas contribuciones sobre Olivicultura y Elaiotecnia desde la perspectiva de la experiencia.GEA, Jaén.
- Tous, J. y Romero-Aroca, A. 1993. Variedades de olivo. Con especial referencia a Catalunya. Fundación 'La Caixa' y AEDOS S.A., Barcelona.
- Tous, J. y Romero-Aroca, A. 1994a. Aceites catalanes. Denominaciones de Origen. Fruticultura 62(suplemento Olivicultura): 105-112.
- Tous, J. y Romero-Aroca, A. 1994b. Cultivar and location influences on the olive oils quality in Catalonia (Spain). Acta Hort. 356:323-326
- Tous, J., Romero-Aroca, A. y Barranco, D. 1990. Olive cultivars in Catalonia. Acta Hort. 286: 415-424.
- Tous, J., Romero-Aroca, A., Plana, J., Guerrero, L., Díaz, I. y 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.
- Tous, J., Romero-Aroca, A. y Plana, J. 1999. "IRTA-i-18" clon de la variedad de olivo 'Arbequina'. Olivae 77: 50-52.
- Tous, J., Romero-Aroca, A. y Díaz, I. 2005a. Composición del aceite (Banco de germoplasma de Cataluña). p. 357-372. En: L. Rallo, D. Barranco, J.M. Caballero, C. del Río, A. Martín, J. Tous e I. Trujillo (eds.), Variedades de olivo en España (libro II: Variabilidad y selección). Junta de Andalucía, MAPA y Mundi-Prensa, Madrid.
- Tous, J., Romero-Aroca, A. y Guerrero, L. 2005b. Caracterización sensorial del aceite (Banco de germoplasma de Cataluña). p. 375-382. En: L. Rallo, D. Barranco, J.M. Caballero, C. del Río, A. Martín, J. Tous e I. Trujillo (eds.), Variedades de olivo en España (libro II: Variabilidad y selección). Junta de Andalucía, MAPA y Mundi-Prensa, Madrid.
- Tous, J., Romero-Aroca, A. y Hermoso, J.F. 2008. Las variedades del olivo. p. 60-71. En: J. Boatella y J. Contreras (eds.), Los aceites de oliva de Cataluña. Generalitat de Catalunya y Edicions 62 SA, Barcelona.
- Tovar, M.J.; Motilva, M.J. y Romero, M.P. 2001a. Changes in the phenolic composition of virgin olive oil from young trees (*Olea europaea* L. cv. Arbequina) grown under linear irrigation strategies J. Agr. and Food Chem. 49(11): 5502-5508.
- Tovar, M.J., Motilva, M.J., Luna, M., Girona, J. y Romero, M.P. 2001b. Analytical characteristics of virgin olive oil from young trees (Arbequina cultivar) growing under linear irrigation strategies. J. Am. Oil Chem. Soc. 78(8): 843-849.
- Tovar, M.J., Romero, M.P., Alegre, S., Girona, J. y Motilva, M.J. 2002a. Composition and organoleptic characteristics of oil from Arbequina olive (*Olea europaea* L) trees under deficit irrigation. J. Sci. Food Agr. 82: 1755-1763
- Tovar, M.J., Romero, M.P., Girona, J. y Motilva, M.J., 2002b. L-Phenylalanine ammonia-lyase activity and concentration of phenolics in developing olive (*Olea europaea* L cv Arbequina) fruit grown under different irrigation regimes. J. Sci. Food Agr. 82:892-898.
- Tripoli, E., Giammanco, M., Tabacchi, G., Di Majo, D., Giammanco, S. y La Guardia, M. 2005. The phenolic compounds of olive oil: structure, biological activity and beneficial effects on human health. Nutrition Research Reviews 18: 98-112.
- Tura, D., Failla, O., Pedò, S., Bassi, D., Gigliotti, C. y Serraiocco, A. 2008. Effects of seasonal weather conditions on olive oil quality in Northern Italy. Acta Hort.791: 769-776.
- Uceda, M. y Hermoso, M. 1989. Calidad de aceite de oliva. Agricultura (suplemento Febrero): 156-160.

- Uceda, M., Hermoso, M. y González, F.J. 1995. Evolución de la tecnología de extracción del aceite de oliva. Nuevos sistemas ecológicos (y 2). Ensayos y conclusiones. Alimentación, Equipos y Tecnología Mayo: 93-98.
- Uceda, M., Jiménez, A. y Beltrán, G. 2002. Organización de la recepción y procesado del fruto. Efecto de la separación suelo-vuelo y de la preparación del fruto en el patio sobre las características del aceite. Dir. Gral de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, Junta de Andalucía p. 92-96.
- Vekiari, S.A., Papadopoulou, P. y Kotsaftakis, A. 2002. Comparison of different olive oil extraction systems and the effect of storage conditions on the quality of the virgin olive oil. *Grasas y Aceites* 53(3): 324-329.
- Vekiari, S.A., Oreopoulou, V., Kourkoutas, Y., Kamoun, N., Msallem, M., Psamouli, V. y Arapoglou, D. 2010. Characterization and seasonal variation of the quality of virgin olive oil of the 'Throumbolia' and 'Koroneiki' varieties from Southern Greece. *Grasas y Aceites* 61(3): 221-231.
- Vichi, S., Pizzale, L., Conte, L.S., Buixaderas, S. y López-Tamames, E. 2003. Solid-phase microextraction in the analysis of virgin olive oil volatile fraction: modifications induced by oxidation and suitable markers of oxidative status. *J. Agr. Food Chem* 51(22): 6564-6571.
- Vichi, S., Romero-Aroca, A., Tous, J., López-Tamames, E. y Buixaderas, S. 2008. Determination of volatile phenols in virgin olive oils and their sensory significance. *J. Chrom. A*. 1211: 1-7.
- Vichi, S., Romero-Aroca, A., Gallardo, J., Tous, J., López-Tamames, E. y Buixaderas, S. 2009. Volatile phenols in virgin olive oils: influence of olive variety on their formation during fruits storage. *Food Chemistry* 116: 651-656.
- Vichi, S., Romero-Aroca, A., Tous, J. y Caixach, 2011. The activity of healthy olives microbiota during virgin olive oil extraction influences oil chemical and sensory characteristics. *J. Agr. Food Chem.* (in press).
- Vossen, P.M., Berenguer, M.J., Grattan, S.R., Connell, J.H. y Polito, V.S. 2004. The influence of different levels of irrigation on the chemical and sensory properties of olive oil. *Acta Hort.* 791: 739-444..
- Wuensch, K.L. 2008. Two Group Discriminant Function Analysis[©]. <http://core.ecu.edu/psyc/wuenschk/mv/dfa/dfa2.doc>

8. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Localización de las Denominaciones de Origen Protegidas (DOP) de Cataluña.	24
Figura 2.- Términos municipales del Priorat, incluidos municipios de comarcas vecinas que envían aceitunas a las almazaras del Priorat.	41
Figura 3.- Mapa orográfico del Priorat y comarcas limítrofes. (Fuente: Institut Cartogràfic de Catalunya; Escala= 1:370.000; los colores más claros corresponden a una mayor altitud).	43
Figura 4.- Mapa geológico del Priorat (delimitado en rojo) y zonas limítrofes. (Fuente: Institut Cartogràfic de Catalunya.).....	45
Figura 5.- Amplitud térmica del Priorat y comarcas limítrofes. (Fuente: Institut Cartogràfic de Catalunya; Escala= 1:740.000).	50
Figura 6.- División climática de Cataluña, según criterios termoplumiométricos. (Fuente: “Servei Meteorològic de Catalunya”).	54
Figura 7.- Muestra de frutos tomada en la descarga de tolva de almacenamiento para su análisis en laboratorio. El código indica la almazara (P09), la muestra de fruto (F01) y el número de hoja de visita (0586).....	60
Figura 8.- Otras variedades identificadas en una muestra de frutos de ‘Arbequina’, tomada en la descarga de la almazara de código P05, correspondiente a la hoja de visita 0803.....	64
Figura 9.- Almazaras de la AOP (en rojo) junto con los municipios que les aportan las aceitunas (agrupados por colores). Cornudella del Monsant está fuera de la AOP y no forma parte del presente estudio.	65
Figura 10.- Evolución de la estructura varietal del Priorat entre los años 1990 y 2004. (Fuente: elaboración propia, a partir de datos de Tous, 1990 y del SIG OLEÍCOLA de Cataluña 2004).	85
Figura 11.- Embalses de Margalef (N), Siurana (NE) y Guiamets (S).....	87
Figura 12.- Zonación norte-sur de los municipios del Priorat adoptada en el presente proyecto de tesis. En azul municipios de la zona norte, en amarillo la zona centro y en verde la zona sur.	88
Figura 13.- <i>Superior izquierda</i> : capacidad media de los depósitos de cada almazara. <i>Superior derecha</i> : proporción del total de capacidad de la bodega que representa el depósito medio. <i>Inferior izquierda</i> : proporción de depósitos de acero inoxidable (INOX) o revestidos con pintura epoxídica (EPOXI).	114
Figura 14.- Temperatura y tiempo de batido más frecuentemente utilizados en cada almazara. Los rectángulos se forman a partir de los cuartiles del 25% y del 75% de cada parámetro. (Cabacés-1 y 2 hace referencia a las dos líneas de extracción de dicha almazara).	116
Figura 15.- Ritmo de inyección de masa al decanter y tiempo de batido más frecuentemente utilizados en cada almazara. Los rectángulos se forman a partir de los cuartiles del 25% y del 75% de cada parámetro.	118
Figura 16.- Peso medio del fruto y proporción de la variedad ‘Arbequina’ más frecuentemente utilizados en cada almazara. Los rectángulos se forman a partir de los cuartiles del 25% y del 75% de cada parámetro.	121
Figura 17.- Índice de madurez y contenido en aceite medio del fruto más frecuentes en cada almazara. Los rectángulos se forman a partir de los cuartiles del 25% y del 75% de cada parámetro.	122

Figura 18.- Estado sanitario de los frutos más frecuentes en cada almazara. Los rectángulos se forman a partir de los cuartiles del 25% y del 75% de cada parámetro.	123
Figura 19.- Relación entre la proporción de frutos sanos presentes al inicio del proceso extractivo y la puntuación sensorial media de los aceites de cada almazara. La recta interpolada no incluye los datos de La Mola, El Molar ni Torroja, ya que dichas almazaras deberían presentar una mayor puntuación sensorial en relación al elevado porcentaje de frutos sanos que presentan, sin embargo, existen otros motivos que justifican dicha desviación respecto del modelo lineal calculado.	124
Figura 20.- Carga microbiológica sobre frutos en tres zonas de la recepción de la almazara de Cabacés: entrada del patio, salida de báscula y salida de tolva (media cosechas 2008-09 y 2009-10; las barras indican el intervalo de confianza del 95%).	126
Figura 21.- Atributos sensoriales positivos del aceite extraído de frutos muestreados en tres zonas de la recepción de la almazara de Cabacés: entrada del patio, salida de báscula y salida de tolva (media cosechas 2008-09 y 2009-10; valores normalizados; las barras indican el intervalo de confianza del 95%).	127
Figura 22.- Compuestos volátiles C6 de la vía de la Lipoxigenasa, del aceite extraído de frutos muestreados en tres zonas de la recepción de la almazara de Cabacés: entrada del patio, salida de báscula y salida de tolva (media cosechas 2008-09 y 2009-10; valores normalizados; las barras indican el intervalo de confianza del 95%).	128
Figura 23.- Compuestos volátiles de origen fermentativo, del aceite extraído de frutos muestreados en tres zonas de la recepción de la almazara de Cabacés: entrada del patio, salida de báscula y salida de tolva (media cosechas 2008-09 y 2009-10; valores normalizados; las barras indican el intervalo de confianza del 95%).	128
Figura 24.- Representación gráfica de la correlación ($r = 0,850$) entre las variables canónicas explicativa V_1 (relacionada con características de las aceitunas) y la explicada W_1 (relacionada con las características cualitativas del aceite). Cada punto representa un depósito de aceite analizado y los códigos de colores indican la almazara.	131
Figura 25.- Representación gráfica del análisis canónico discriminante, de los perfiles individuales de los aceites de categoría “extra”, elaborados en sistema de “2fases”, en la zona Priorat, clasificados por años de producción. La cosecha 2003 (línea continua en negro) fue la más elevada, mientras que la 2005 (línea discontinua en verde) fue la menor. La variable canónica CAN1 explica el 62% de variabilidad total, mientras que CAN2 explica el 26%. El cuadrante superior derecho corresponde a los atributos “frutado”, “verde”, “manzana” y “otros”; el superior izquierdo indica aceites “dulces”; el inferior derecho corresponde al “amargo”, “picante”, “astringente” y “ofm”; finalmente, el cuadrante inferior izquierdo indica aceites con una baja intensidad en todos los atributos.	141
Figura 26.- Representación gráfica del análisis canónico discriminante, de los perfiles de ‘Arbequina’ mezclada con ‘Koroneiki’ en distintas proporciones. Representación de los valores medios de las dos primeras variables canónicas, junto con un círculo que representa el intervalo de confianza respectivo.	150
Figura 27.- Análisis Cluster de los perfiles sensoriales de los aceites monovarietales y de su mezcla al 25% con ‘Arbequina’.	152
Figura 28.- Composición en ácidos grasos del aceite de las almazaras del Priorat. Representación de los valores medios de las dos primeras variables canónicas de cada población, junto con un círculo que representa el intervalo de confianza respectivo.	157

Figura 29.- Composición en esteroides del aceite de las almazaras del Priorat. Representación de los valores medios de las dos primeras variables canónicas de cada población, junto con un círculo que representa el intervalo de confianza respectivo.	169
Figura 30.- Representación canónica de los ácidos grasos del aceite de las zonas Priorat, Garrigues y Siurana-Camp. Valores medios de las dos primeras variables canónicas de cada población, circunscritos en un círculo que representa el intervalo de confianza respectivo (P=0,05).	182
Figura 31.- Representación canónica del perfil sensorial de los aceites de las zonas Priorat, Garrigues y Siurana-Camp. Representación de los valores medios de las dos primeras variables canónicas de cada población, circunscritos en un círculo que representa el intervalo de confianza respectivo (P=0,05).	189
Figura 32.- Representación canónica del perfil sensorial del aceite de las 'Arbequina' producido en diferentes zonas del mundo. Representación de los valores medios de las dos primeras variables canónicas de cada población, junto con un círculo que representa el intervalo de confianza respectivo (P=0,05).	193

9. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Composición química del aceite de oliva virgen. Rangos de variación observados entre variedades y años en Cataluña (Tous et al., 2005a).....	15
Tabla 2.- Denominaciones de Origen Protegidas de aceite de oliva virgen en Europa, año 2010 (http://ec.europa.eu/agriculture/quality/door/list.html).....	21
Tabla 3.- Geología y fertilidad de los suelos de los distintos municipios del Priorat, agrupados por la localización de la almazara que procesa sus frutos.	46
Tabla 4.- Temperaturas medias y períodos libres de heladas en distintas localidades del Priorat, Baix Camp y Garrigues. Período 2002-2007 (fuente: “Xarxa Agrometereològica de Catalunya”).	50
Tabla 5.- ETP y tipo de clima según Thornthwaite, en diferentes estaciones climáticas del Priorat, Les Garrigues y Baix Camp. Período 2002-2007.	51
Tabla 6.- Factores de zona, clima, técnicas de cultivo, fruto y proceso utilizados en estudios de correlación con características de los aceites del Priorat.	73
Tabla 7.- Número de muestras de aceite de ‘Arbequina’ analizadas de cada zona productora, para el caso de composición en ácidos grasos y perfil sensorial.	74
Tabla 8.- Estructura varietal de los municipios que suministran aceitunas a las diferentes almazaras del Priorat. Valores expresados como porcentaje del número total de olivos de cada variedad. Datos elaborados a partir las declaraciones del SIG OLEÍCOLA (2004), completados a partir de la encuesta realizada a los agricultores de la comarca (año 2004).	82
Tabla 9.- Proporciones relativas (%) de aceitunas de cada variedad, identificadas en las muestras tomadas a la entrada de los trituradores de cada almazara. Datos medios de 383 muestreos, en el conjunto de almazaras y durante el período 2003-2007.	86
Tabla 10.- Superficie media, densidad de plantación y edad de las plantaciones de olivar del Priorat (referidos a las almazaras que procesan sus frutos). Datos elaborados a partir del SIG OLEÍCOLA y la encuesta realizada a los agricultores de la comarca (ambos del año 2004).	89
Tabla 11.- Porcentaje de olivar asociado a otros cultivos en el Priorat (referidos a las almazaras que procesan sus frutos). Datos elaborados a partir de la encuesta realizada a los agricultores de la comarca (año 2004).	89
Tabla 12.- Latitud y altitud media de las plantaciones de olivar en el Priorat (referidos a las almazaras que procesan sus frutos). Datos elaborados a partir de la encuesta realizada a los agricultores de la comarca (año 2004).	90
Tabla 13.- Orografía media de las plantaciones de olivar en el Priorat (referidos a las almazaras que procesan sus frutos). Datos elaborados a partir de la encuesta realizada a los agricultores de la comarca (año 2004).	91
Tabla 14.- Distribución en secano y regadío de las plantaciones de olivar en el Priorat (referidos a las almazaras que procesan sus frutos). Datos elaborados a partir de la encuesta realizada a los agricultores de la comarca (año 2004).	91
Tabla 15.- Tipo de abonado y frecuencia de aplicación en las plantaciones de olivar en el Priorat (referidos a las almazaras que procesan sus frutos). Datos elaborados a partir de la encuesta realizada a los agricultores de la comarca (año 2004).	93
Tabla 16.- Abonos más utilizados en las plantaciones de olivar en el Priorat (referidos a las almazaras que procesan sus frutos). Datos elaborados a partir de la encuesta realizada a los agricultores de la comarca (año 2004).	93

Tabla 17.- Dosis de abonado aplicado a las plantaciones de olivar en el Priorat (referidos a las almazaras que procesan sus frutos). Datos elaborados a partir de la encuesta realizada a los agricultores de la comarca (año 2004).	93
Tabla 18.- Control de malas hierbas en las plantaciones de olivar en el Priorat (referidos a las almazaras que procesan sus frutos). Datos elaborados a partir de la encuesta realizada a los agricultores de la comarca (año 2004).	95
Tabla 19.- Tipos de poda y frecuencia aplicadas a las plantaciones de olivar en el Priorat (referidos a las almazaras que procesan sus frutos). Datos elaborados a partir de la encuesta realizada a los agricultores de la comarca (año 2004).	96
Tabla 20.- Tratamientos fitosanitarios de primavera en las plantaciones de olivar en el Priorat (referidos a las almazaras que procesan sus frutos). Datos elaborados a partir de la encuesta realizada a los agricultores de la comarca (año 2004).	97
Tabla 21.- Tratamientos fitosanitarios de verano en las plantaciones de olivar en el Priorat (referidos a las almazaras que procesan sus frutos). Datos elaborados a partir de la encuesta realizada a los agricultores de la comarca (año 2004).	98
Tabla 22.- Tratamientos fitosanitarios de otoño en las plantaciones de olivar en el Priorat (referidos a las almazaras que procesan sus frutos). Datos elaborados a partir de la encuesta realizada a los agricultores de la comarca (año 2004).	99
Tabla 23.- Época de recolección de las plantaciones de olivar en el Priorat (referidos a las almazaras que procesan sus frutos). Datos elaborados a partir de la encuesta realizada a los agricultores de la comarca (año 2004).	99
Tabla 24.- Métodos de recolección aplicados en las plantaciones de olivar en el Priorat (referidos a las almazaras que procesan sus frutos). Datos elaborados a partir de la encuesta realizada a los agricultores de la comarca (año 2004).	100
Tabla 25.- Sistemas de transporte de las aceitunas hasta las almazaras del Priorat (referidos a las almazaras que procesan sus frutos). Datos elaborados a partir de la encuesta realizada a los agricultores de la comarca (año 2004).	100
Tabla 26.- Calidad de los aceites producidos por sistema tradicional de prensas, en comparación con los sistemas continuos de dos y tres fases, en el Priorat. Datos medios del período 2003-2007. (Distribución ponderada por los kg de aceite de cada depósito).	102
Tabla 27.- Calidad de los aceites producidos por sistema continuo de dos y tres fases, en la almazara ‘Vinícola del Priorat’. Datos medios del período 2003-2007.	103
Tabla 28 .- Características de los aceites, de categoría “extra”, en relación al tipo de decanter de 2fases utilizado. Datos medios del período 2003-2007 (Vinícola 2004-2007) y ponderados por el volumen de aceite de cada depósito analizado.	105
Tabla 29.- Calidad de los aceites producidos en Ulldemolins, trabajando con turnos de 3 días (2003-2004) y de 1 día (2005-2008). Datos medios de cada período (distribución ponderada por los kg de aceite de cada depósito).	107
Tabla 30.- Características sensoriales medias de los aceites de categoría “extra” de La Serra (aceitunas de menos de 12 horas), en comparación con los de Cabacés y La Vinícola (aceitunas de menos de 24 horas), todos ellos equipados con un decanter M2 y trabajando a 2fases. Datos medios del período 2004-2008.	108
Tabla 31.- Comparación de las condiciones de batido y extracción entre almazaras que aplican talco micronizado y las que no. Datos medios del período 2003-2007.	109
Tabla 32.- Características medias de los aceites de categoría “extra” de La Vinícola trabajando a 3fases y a 2fases. Datos medios del período 2003-2008.	111
Tabla 33.- Sistemas de almacenamiento de aceite de las diferentes almazaras del Priorat. Datos medios del período 2003-2008.	112

Tabla 34.- Capacidad de almacenamiento de aceite en función de la producción de las diferentes almazaras del Priorat. Evolución del número de depósitos y de su tamaño medio, en el período 2002-2008.	112
Tabla 35.- Nivel de contaminación microbiana (cfu/g) en la superficie de frutos lavados con agua bidestilada o con agua de lavado convencional de cooperativa (valores medios de tres réplicas).....	129
Tabla 36.- Efecto del lavado de frutos con agua limpia (bidestilada) o de lavadora. Características de los aceites obtenidos a 27°C y 60 minutos de batido (valores medios de dos réplicas).....	130
Tabla 37 Coeficientes canónicos y de correlación entre las características de los frutos y la variable canónica explicativa V_1 . (Análisis de correlación canónica entre características de los frutos y del aceite).	132
Tabla 38.- Coeficientes canónicos y de correlación entre las características del aceite y la variable canónica explicativa W_1 . (Análisis de correlación canónica entre características de los frutos y del aceite).	133
Tabla 39 Características medias de un lote de aceitunas que permiten esperar obtener aceite de categoría “extra” o inferior, a partir del análisis de correlación canónica. Modelo calculado para la producción de la zona Priorat.....	135
Tabla 40.- Volúmenes totales de aceite (litros) analizados cada año en cada almazara (período 2003-2008).	136
Tabla 41.- Volúmenes totales (litros) de aceite analizados en cada almazara, agrupados por categorías comerciales (período 2003-2008).....	137
Tabla 42.- Frecuencia relativa (%) de los diferentes defectos sensoriales observados en cada almazara (período 2003-2008).	138
Tabla 43.- Datos medios y análisis de distribución de los atributos sensoriales positivos del aceite del Priorat, de categoría “extra” (período 2003-2008; volumen total=3.425.600 litros).....	139
Tabla 44.- Coeficientes de correlación entre días transcurridos de campaña e intensidad media de los atributos sensoriales positivos del aceite del Priorat, de categoría “extra” (período 2003-2008; volumen total=3.425.600 litros).....	140
Tabla 45.- Atributos sensoriales positivos medios de los del aceite del Priorat, de categoría “extra”, en las cosechas extremas 2003-04 y 2005-06, en comparación con la media general del período 2003-2008.....	142
Tabla 46.- Datos medios y análisis de distribución de la composición en ácidos grasos del aceite del Priorat (período 2003-2008; n=167; volumen total = 2.069.654 litros).	144
Tabla 47.- Datos medios y análisis de distribución de la composición en esteroides y ceras del aceite del Priorat (período 2003-2008); (esteroides: n=63, volumen total = 794.650 litros); (ceras: n=124, volumen total = 1.616.651 litros).....	145
Tabla 48.- Datos medios y análisis de distribución de los contenidos en polifenoles totales, amargor (K_{225}) y estabilidad (Rancimat a 120°C) del aceite del Priorat (período 2003-2008); (n=132, volumen total = 1.610.004 litros).....	147
Tabla 49.- Ácidos grasos, polifenoles totales y estabilidad Rancimat. Composición media de las distintas mezclas estudiadas de aceites de ‘Arbequina’ y ‘Koroneiki’ (cosechas 2003-04 y 2004-05; n=6).....	148
Tabla 50.- Perfil sensorial. Análisis discriminante. Porcentajes de clasificación de muestras iniciales en las cinco mezclas consideradas entre ‘Arbequina’ (ARB) y ‘Koroneiki’ (KOR).	149

Tabla 51.- Características sensoriales y composición química. Coeficiente de variación intrazonal y variabilidad explicada por las características del año y de la zona de producción. Aceites de categoría “extra” (período 2003-2008).	153
Tabla 52.- Composición media en ácidos grasos mayoritarios del aceite virgen elaborado en las diferentes almazaras del Priorat, ordenadas según valores decrecientes de C18:1 (período 2003-2008; n=167; volumen total = 2.069.654 litros; valores ponderados por el volumen de aceite de cada depósito analizado).	154
Tabla 53.- Composición media en ácidos grasos minoritarios del aceite virgen elaborado en las diferentes almazaras del Priorat, ordenadas según valores decrecientes de C18:1 (período 2003-2008; n=167; volumen total = 2.069.654 litros; valores ponderados por el volumen de aceite de cada depósito analizado).	155
Tabla 54.- Errores de clasificación del análisis canónico discriminante de la composición en ácidos grasos de los aceites producidos en las diferentes almazaras del Priorat, ordenadas por error creciente de clasificación (período 2003-2008; n=167).	158
Tabla 55.- Coeficiente de correlación de Pearson entre valores medios de ácidos grasos mayoritarios y diferentes parámetros relacionados con la zona de producción, climatología, técnicas de cultivo y características del fruto (datos medios de cada almazara, durante el período 2003-2008; realizados en color los valores de correlación superiores a +/- 0,6).	160
Tabla 56.- Composición media en polifenoles totales, amargor (K_{225}) y estabilidad (Rancimat) del aceite virgen elaborado, por sistema de 2fases, en las diferentes almazaras del Priorat, ordenadas según valores decrecientes de polifenoles (período 2003-2005; n=132; volumen total = 1.610.004 litros; valores ponderados por el volumen de aceite de cada depósito analizado).	162
Tabla 57.- Coeficiente de correlación de Pearson entre valores medios de polifenoles totales, amargor (K_{225}), estabilidad Rancimat y susceptibilidad oxidativa y diferentes parámetros relacionados con la zona de producción, climatología, técnicas de cultivo, características del fruto y condiciones de proceso extractivo (datos medios de cada almazara, durante el período 2003-2008; realizados en color los valores de correlación superiores a +/- 0,6).	165
Tabla 58.- Composición media en esteroides del aceite virgen elaborado en las diferentes almazaras del Priorat, ordenadas según valores decrecientes de esteroides totales (período 2004-2008; n=63; volumen total = 526.000 litros; valores ponderados por el volumen de aceite de cada depósito analizado).	166
Tabla 59.- Composición media en esteroides totales y ceras del aceite virgen elaborado en las diferentes almazaras del Priorat, ordenadas según valores decrecientes de esteroides totales (período 2004-2008; n=63; volumen total = 526.000 litros; valores ponderados por el volumen de aceite de cada depósito analizado).	167
Tabla 60.- Errores de clasificación del análisis canónico discriminante de la composición en esteroides de los aceites producidos en las diferentes almazaras del Priorat, ordenadas por error creciente de clasificación (período 2003-2008; n=167).	168
Tabla 61.- Coeficiente de correlación de Pearson entre valores medios de ceras, esteroides y compuestos alifáticos y diferentes parámetros relacionados con la zona de producción, climatología, técnicas de cultivo, características del fruto y condiciones de proceso extractivo (datos medios de cada almazara, durante el período 2003-2008; realizados en color los valores de correlación superiores a +/- 0,6).	172
Tabla 62.- Atributos sensoriales medios (sobre escala de 10 cm) del aceite virgen de categoría “extra” elaborado en las diferentes almazaras del Priorat, trabajando en	

sistema continuo de 2 fases y ordenadas según valores decrecientes de frutado (período 2003-2008; n=262; volumen total = 4,275,648 litros; valores ponderados por el volumen de aceite de cada depósito analizado).....	174
Tabla 63.- Análisis multivariante (λ Wilks) por años de las variaciones del perfil sensorial de los aceites del Priorat, relacionadas con el factor almazara de producción.	175
Tabla 64.- Errores de clasificación del análisis canónico discriminante de las características sensoriales de los aceites producidos en las diferentes almazaras del Priorat, ordenadas por error creciente de clasificación (período 2003-2008; n=167).	176
Tabla 65.- Coeficiente de correlación de Pearson entre valores medios de los atributos sensoriales del aceite y diferentes parámetros relacionados con la zona de producción, climatología, técnicas de cultivo, características del fruto y condiciones de proceso extractivo (datos medios de cada almazara, durante el período 2003-2008; realizados en color los valores de correlación superiores a +/- 0,6).	178
Tabla 66.- Ácidos grasos (%), composición media de los aceites de elaborados en las zonas Priorat, Siurana-Camp y Garrigues (período 2003-2008; N=320).	180
Tabla 67.- Ácidos grasos. Análisis discriminante. Porcentajes de clasificación de muestras iniciales en las tres zonas consideradas (N=320).	181
Tabla 68.- Ácidos grasos, composición media y valores extremos de los aceites más “genuinos” del Priorat (período 2003-2008; N=110).	183
Tabla 69.- Composición media en ácidos grasos mayoritarios del aceite virgen elaborado en las diferentes zonas del mundo y su clasificación, de acuerdo a las funciones lineales discriminantes de Fischer (período 2002-2008; n=393).	184
Tabla 70.- Similitud de la composición en ácidos grasos entre aceites de ‘Arbequina’ de diferentes países, de acuerdo a las funciones lineales discriminantes de Fischer calculadas en el presente proyecto de tesis.	186
Tabla 71.- Características sensoriales medias de los aceites de categoría “extra” elaborados, con la variedad ‘Arbequina’, en las zonas Priorat, Siurana-Camp y Garrigues (período 1994-2008; N=583).	187
Tabla 72.- Perfil sensorial. Análisis discriminante. Porcentajes de clasificación de muestras iniciales en las tres zonas consideradas.	188
Tabla 73.- Características sensoriales medias más “genuinas” de los aceites de categoría “extra” elaborados con la variedad ‘Arbequina’ en la zona del Priorat (período 1994-2008; N=272).	190
Tabla 74.- Atributos aromáticos. Características sensoriales medias del aceite virgen elaborado, con la variedad ‘Arbequina’, en diferentes zonas productoras, valores expresados sobre escala de 10 cm, según la norma UE796/2002 (período 1994-2008; n=613).	192
Tabla 75.- Atributos sensoriales de boca, puntuación equivalente y su clasificación, de acuerdo a las funciones lineales discriminantes de Fischer. Características sensoriales medias del aceite virgen elaborado, con la variedad ‘Arbequina’, en las diferentes zonas productoras, valores expresados sobre escala de 10 cm, según la norma UE796/2002 (período 1994-2008; n=613).	192

10. ANEJO 1. CONDICIONES DE FABRICACIÓN

Tabla 1.- Temperatura de batido (°C) en las diferentes almazaras del Priorat, en sistema de 2fases.

Almazara	nº	media (°C)	CV (%)	cuartil 100%	cuartil 75%	cuartil 50%	cuartil 25%	cuartil 0%
El Molar	43	29,2	10,0	37,1	31,5	29,8	27,0	22,8
Cabacés línea 1	55	27,9	7,2	32,6	29,5	28,0	26,7	23,1
Cabacés línea 2	59	26,5	12,3	34,6	28,6	26,9	24,6	17,1
La Serra	26	31,6	7,7	36,2	33,1	32,0	30,0	24,9
La Vinícola (2fases)	50	29,8	8,4	33,8	31,1	30,5	28,5	21,1
Masroig	44	28,4	5,6	32,0	29,3	28,1	27,5	23,1
Ulldemolins	39	24,1	12,9	32,0	26,4	25,0	23,1	17,0
Bisbal-Margalef	85	29,6	7,6	35,8	31,0	29,5	28,4	24,8
La Mola	31	28,0	8,1	34,0	29,6	28,0	26,6	23,1
Total Priorat	432	28,4	10,8	37,1	30,5	28,5	26,7	17,0

Tabla 2.- Tiempo de batido (minutos) en las diferentes almazaras del Priorat, en sistema de 2fases.

Almazara	nº	media (minutos)	CV (%)	cuartil 100%	cuartil 75%	cuartil 50%	cuartil 25%	cuartil 0%
El Molar	51	97	19,6	160	120	90	90	60
Cabacés línea 1	72	85,8	14,7	120	90	90	75	60
Cabacés línea 2	66	86,4	16,3	120	90	90	75	60
La Serra	43	82	26,6	105	90	90	90	24,9
La Vinícola (2fases)	53	89,1	14,4	150	90	90	90	50
Masroig	51	72	15,2	90	75	75	60	60
Ulldemolins	39	83	14,2	105	95	90	75	60
Bisbal-Margalef	91	107	16,7	180	120	105	90	60
La Mola	40	108	12,2	120	120	107,5	90	90
Total Priorat	506	90,0	20,7	180	95	90	90	24,9

Tabla 3.- Ritmo de inyección de masa al decánter (%) en las diferentes almazaras del Priorat, en sistema de 2fases.

Almazara	nº	media (%)	CV (%)	cuartil 100%	cuartil 75%	cuartil 50%	cuartil 25%	cuartil 0%
El Molar	47	81,7	13,1	100,0	90,0	78,0	72,0	66,0
Cabacés línea 1	71	83,0	9,0	100,0	86,4	81,6	81,6	47,0
Cabacés línea 2	66	84,1	7,3	100,0	86,4	85,4	81,6	57,6
La Serra	49	85,7	6,3	96,0	91,2	85,2	81,6	76,8
La Vinícola (2fases)	56	77,1	6,6	86,4	80,6	76,8	76,8	55,2
Masroig	57	70,5	12,6	86,7	76,7	70,0	63,3	53,3
Ulldemolins	41	67,8	5,6	74,7	69,3	69,3	64,0	56,0
Bisbal-Margalef	90	47,5	8,9	72,0	48,0	48,0	45,6	36,0
La Mola	42	59,5	22,0	72,0	72,0	63,5	48,0	25,9
Total Priorat	519	72,0	21,4	100,0	81,6	76,8	63,3	25,9

Tabla 4.- Inyección de agua al decánter (%) en las diferentes almazaras del Priorat, en sistema de 2fases.

Almazara	nº	media (%)	CV (%)	cuartil 100%	cuartil 75%	cuartil 50%	cuartil 25%	cuartil 0%
El Molar	47	9,2	69,0	28,2	13,1	9,2	4,1	0,0
Cabacés línea 1	71	11,1	48,0	22,2	14,4	11,1	8,2	0,0
Cabacés línea 2	66	9,8	57,7	22,2	14,4	11,1	8,2	0,0
La Serra	49	8,3	84,0	22,4	14,7	9,0	0,0	0,0
La Vinícola (2fases)	56	9,3	67,1	25,0	13,3	9,4	4,7	0,0
Masroig	56	6,7	79,6	18,0	10,3	7,0	2,1	0,0
Ulldemolins	41	10,6	49,6	23,1	14,2	11,3	5,8	0,0
Bisbal-Margalef	90	7,7	63,2	16,7	11,6	7,6	3,9	0,0
La Mola	42	2,6	155,4	15,6	5,6	0,0	0,0	0,0
Total Priorat	518	8,5	70,0	28,2	12,7	8,5	3,7	0,0

Tabla 5.- Temperatura del agua de la centrífuga vertical (°C) en las diferentes almazaras del Priorat, en sistema de 2fases.

Almazara	nº	media (minutos)	CV (%)	cuartil 100%	cuartil 75%	cuartil 50%	cuartil 25%	cuartil 0%
El Molar	43	30,7	18,7	46,7	33,1	30,0	26,6	20,4
Cabacés línea 1	56	32,1	5,5	36,0	33,2	32,0	31,0	27,4
Cabacés línea 2	59	33,7	6,6	41,3	35,5	33,0	31,9	29,6
La Serra	24	31,4	12,7	41,5	33,5	30,6	28,6	26,0
La Vinícola (2fases)	48	29,9	17,5	46,0	31,8	29,1	25,3	20,4
Masroig	37	28,8	5,8	32,5	29,8	29,0	27,8	25,0
Ulldemolins	37	30,7	7,7	34,4	32,5	30,5	29,0	25,0
Bisbal-Margalef	84	29,7	8,6	36,3	31,6	30,2	27,5	24,2
La Mola	23	30,2	9,0	37,6	32,0	30,0	29,0	24,0
Total Priorat	411	30,8	11,8	46,7	32,7	30,9	28,5	20,4

Tabla 6.- Grasa en orujo (% sms) en las diferentes almazaras del Priorat, en sistema de 2fases.

Almazara	nº	media (minutos)	CV (%)	cuartil 100%	cuartil 75%	cuartil 50%	cuartil 25%	cuartil 0%
El Molar	55	16,2	25,8	25,5	18,9	15,8	12,6	8,9
Cabacés línea 1	75	11,3	18,9	18,8	12,5	11,0	9,6	7,7
Cabacés línea 2	68	12,0	19,2	18,6	13,7	12,0	10,1	8,3
La Serra	68	11,8	22,0	17,8	13,8	12,5	9,3	7,6
La Vinícola (2fases)	64	13,1	20,3	20,3	15,2	13,3	10,8	8,7
Masroig	66	12,6	21,6	20,2	14,3	13,0	10,6	6,7
Ulldemolins	51	10,1	26,1	22,5	11,3	9,4	8,9	3,6
Bisbal-Margalef	92	11,9	23,1	19,7	13,7	11,6	9,7	6,9
La Mola	46	13,1	21,6	18,5	15,5	12,8	11,1	7,9
Total Priorat	585	12,3	25,2	25,5	14,2	12,1	9,9	3,6