



**Universitat de les
Illes Balears**

Escola Politècnica Superior

Memoria del Trabajo de Fin de Grado

**Estudio del comportamiento agronómico y de la
calidad de aceite de cuatro variedades de olivo
en cultivo superintensivo en seto en Mallorca**

Miquel Àngel Mas Barón

Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del medio rural

Año académico 2017-18

DNI del alumno: 41537861E

Trabajo tutelado por José Mariano Escalona Lorenzo y Josefina Bota Salort
Departamento de Biología

Se autoriza la Universidad a incluir este trabajo en el Repositorio Institucional para su consulta en acceso abierto y difusión en línea, con fines exclusivamente académicos y de investigación	Autor		Tutor	
	Sí	No	Sí	No
	X		X	

Palabras claves del trabajo: *Olea Europaea*, Arbequina, Sikitita, Koroneiki, Arbosana.

Índice

Listado de tablas	4
Listado Ilustraciones y figuras.....	5
Listado de acrónimos.....	7
Resumen	8
Agradecimientos.....	9
1. Introducción.....	10
1.1. El cultivo del olivo en el mundo.....	10
1.2. Historia del cultivo del olivo en Baleares	10
1.3. El sector oleícola en Baleares	11
1.4. El cultivo en superintensivo en seto	12
1.5. Las variedades utilizadas en cultivo superintensivo en seto.....	13
1.6. Adaptación de los olivos plantados en superintensivo al ambiente.....	14
1.7. Efectos del cultivo en superintensivo en seto a la calidad del aceite.....	14
2. Objetivos.....	16
3. Materiales y métodos.....	17
3.1. Finca experimental.....	17
3.2. Material vegetal	20
3.2.1. Arbequina	21
3.2.2. Sikitita.....	22
3.2.3. Koroneiki	22
3.2.3. Arbosana.....	23
3.3. Determinaciones	23
3.3.1. Caracterización morfológica.....	23
3.3.2. Parámetros agronómicos	26
3.3.3. Parámetros productivos	28
3.4. Calidad de aceite.....	28
3.4.1. Extracción de las muestras de aceite	29
3.4.2. Análisis químico del aceite.....	31
3.4.3. Análisis sensorial.....	34
3.5. Análisis estadístico	36
4. Resultados.....	37
4.1. Caracterización morfológica de las distintas variedades	37
4.1.1 Ficha Arbequina	38
4.1.2. Ficha Sikitita.....	39
4.1.3. Ficha Koroneiki	40

4.1.4. Ficha Arbosana	41
4.2. Comportamiento agronómico	42
4.2.1. Vigor	42
4.2.2. Evolución de la maduración de las distintas variedades:	42
4.2.3. Producción	43
4.3. Calidad de aceite.....	44
4.3.1. Análisis físico-químico.....	44
4.3.2. Análisis organoléptico	46
5. Discusión	53
6. Conclusiones.....	58
Bibliografía.....	59

Listado de tablas

Tabla 1. Principales diferencias entre el cultivo en superintensivo y el resto de sistemas de producción.

Tabla 2. Datos meteorológicos de Felanitx en el año 2017, obtenidos de la estación del SIAR.

Tabla 3. Datos del riego aplicado.

Tabla 4. Fertilizantes aplicados durante la campaña 2017 desde marzo a octubre.

Tabla 5. Parámetros de vigor (diámetro del tronco, dimensión y volumen de copa), de las 4 variedades estudiadas.

Tabla 6. Parámetros productivos (producción de aceituna y de aceite), y rendimiento graso de las 4 variedades estudiadas en grado 4 de maduración.

Tabla 7. Parámetros químicos de calidad de aceite.

Tabla 8. Parámetros organolépticos para clasificación de aceites.

Listado Ilustraciones y figuras

Ilustración 1. Situación de las principales zonas olivareras de Mallorca (Fuente: Propia).

Ilustración 2. Plano de la finca Son Mesquidassa dividida en 5 sectores (Fuente: Son Mesquidassa).

Ilustración 3. Recolectora de aceituna trabajando en la finca de Son Mesquidassa (Fuente: Propia).

Ilustración 4. Detalle de la localización de las variedades experimentales (Fuente: Son Mesquidassa).

Ilustración 5. Medida del grosor del tronco (Fuente: propia).

Ilustración 6. Cálculo del índice de madurez, partiendo las aceitunas para comprobar el color de la pulpa (Fuente: Propia).

Ilustración 7: Evolución del índice de maduración de la aceituna (Fuente: Vistoriano Vega, Investigador del IFAPA)

Ilustración 8. Recolección de aceitunas (Fuente: Propia).

Ilustración 9. Sistema ABENCOR utilizado en la extracción de aceite (Fuente: Propia).

Ilustración 10. Valoración de la acidez de una muestra de aceite (Fuente: Propia).

Ilustración 11. Equipo rancimat utilizado en el cálculo del potencial oxidativo de las muestras de aceite (Fuente: propia).

Ilustración 12. Copa normalizada de cata de aceite (Fuente: Copa Cata de Aceite Oliva, Vidrio Azul 6pcs - Tecnylab n.d.).

Ilustración 13: Ficha de cata utilizada en el análisis sensorial de las muestras de aceite (adaptada de DO Oli de Mallorca)

Figura 1. Evolución de la maduración de las distintas variedades estudiadas.

Figura 2: Organigrama sensorial de las muestras de aceite de la variedad Arbequina en los grados de maduración 2,4 y 6.

Figura 3: Organigrama sensorial de las muestras de aceite de la variedad Arbosana en los grados de maduración 2 y 4.

Figura 4: Organigrama sensorial de las muestras de aceite de la variedad Koroneiki en los grados de maduración 2,4 y 6.

Figura 5: Organigrama sensorial de las muestras de aceite de la variedad Sikitita en los grados de maduración 2,4 y 6.

Figura 6. Análisis comparativo del perfil sensorial del aceite de las 4 variedades estudiadas en grado 2 de maduración.

Figura 7. Análisis comparativo del perfil sensorial del aceite de las 4 variedades estudiadas en grado 4 de maduración.

Listado de acrónimos

D.O.: Denominación de Origen.

CEE: Comunidad Económica Europea.

SiAR: Sistema de información agroclimática para el regadío.

MAPAMA: Ministerio de Agricultura Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.

COI: Consejo oleícola internacional

Resumen

En las últimas décadas la agricultura ha evolucionado a pasos agigantados, y el sector oleícola no ha quedado atrás. Se están implantando los nuevos cultivos en superintensivo en seto con marcos de plantación muy estrechos, proporcionando elevadas producciones por hectárea y posibilitando la recolección mecanizada. Esta tipología de cultivo requiere variedades de bajo vigor y precoz entrada en producción para ser viables.

En este trabajo se ha realizado una caracterización agronómica que incluye aspectos morfológicos del fruto y del árbol, parámetros productivos y una evaluación de los aceites obtenidos en tres grados de maduración. Se estudiaron cuatro variedades en sistema de superintensivo en seto, Arbequina, Arbosana, Koroneiki y Sikitita, en Son Mesquidassa, finca situada en el término municipal de Felanitx, Baleares.

Las mejores características en cuanto a vigor, las han obtenido los árboles de las variedades Sikitita y Arbosana. En producción, destaca la variedad Arbosana que con árboles de 3 años ha conseguido obtener 6646,67 kg/ha de aceituna. Además es la variedad de mayor producción de aceite, con 946,38 kg. La variedad Koroneiki a pesar de tener el valor de rendimiento graso más elevado, queda muy penalizada debido a su baja producción de aceituna.

En cuanto a calidad del aceite, destaca la variedad Koroneiki obteniendo los valores más altos de estabilidad oxidativa. No obstante, Arbosana parece mantener mejor los caracteres de estabilidad a medida que evoluciona en maduración. El aceite que obtuvo la mejor valoración global corresponde a la variedad Koroneiki en estado de madurez 2.

Agradecimientos

A mis tutores José Escalona y Josefina Bota, por facilitarme la realización de este trabajo y guiarme hasta el final, con sus consejos, recomendaciones y ánimos.

A mi madre y mi hermana para ayudarme a ser quién soy y soportar mis conversaciones mono tema hablando de aceite y olivos.

A mi novia Bàrbara, por ayudarme anímicamente en los momentos más difíciles de la redacción de este trabajo.

A todo el personal de Son Mesquidassa por permitirme realizar este trabajo en su finca y proporcionarme todo el material que se ha requerido, en especial a Joan Simonet, Cristòfol Rosselló y Juan Alcaide.

Al personal del IRFAP por cederme las instalaciones provistas del ABENCOR, en especial a Carme Garau, quien me ha apoyado desde el inicio con innumerables consejos.

1. Introducción

1.1. El cultivo del olivo en el mundo

En el mundo hay 114.251.100 hectáreas de olivo plantadas, la mayoría de los cuales se encuentran en la zona templada del hemisferio norte. Sin embargo, cada vez existen más plantaciones de olivo en zonas del hemisferio sur como Australia o Argentina, por ejemplo. No obstante, la zona de producción de aceituna y aceite por excelencia es la cuenca mediterránea, destacando España, Italia, Grecia, Turquía y Marruecos (MAPAMA, 2017).

De la superficie mundial de olivos sembrados, pertenecen a España 2.623.100 ha, es decir un 22.95%. España es el país con mayor superficie de olivos plantados en el mundo y el mayor productor de aceite de oliva con 1.285.000 tn en la campaña del año 2016-2017 (Vilar y Pereira, 2017).

El cultivo del olivo en España se clasifica según sea para obtención de aceituna de mesa o para almazara, aunque algunas variedades son de doble aptitud como Hojiblanca. De los olivos plantados en España, 2.387.832 ha son destinadas a producir aceituna para almazara. Dentro de esta superficie 513.627 ha están en regadío (MAPAMA, 2017).

1.2. Historia del cultivo del olivo en Baleares

El cultivo del olivo en Mallorca data de la época romana (123a.C.-465d.C.). Se sabe que en tiempos de la Corona de Aragón (XIII) ya se exportaba aceite de oliva a África del Norte. Desde el siglo XV era un producto de exportación regular desde el Puerto de Sóller (Oli de Mallorca, 2017). Con el tiempo las técnicas de cultivo mejoraron y el aceite pasó a formar parte de uno de los productos de mayor riqueza de la isla, siendo moneda de cambio para otros productos. Además, era uno de los alimentos básicos de la cocina mallorquina. Los cultivos básicamente se concentraban en el norte y noroeste de la isla, en la Sierra de Tramuntana, sembrados en “marges” y terrazas.

Ya en el siglo XX, durante los años 80 y 90 se empezaron a plantar grandes extensiones de olivo en los llanos de Mallorca, de las variedades Arbequina y Picual. También se introduce el método de elaboración de aceite en continuo, con el que se obtiene mejor rendimiento y un aceite de mejor calidad. Este hecho hizo que fuese posible la obtención de la “D.O. Oli de Mallorca” por medio del orden de la Conselleria d’Agricultura i Pesca el 31 de octubre de 2002. Así quedó aprobada con carácter transitorio establecido en el BOIB num. 135 del día 9-11-2002, el Reglamento de la denominación de origen del Aceite de Mallorca.

En los últimos años se han empezado a plantar los cultivos de olivar en superintensivo en seto, olivares con alta tecnificación y elevadas producciones de aceite. En estos cultivos se utilizan grandes densidades de plantación y la mayor ventaja que

presentan es la reducción de los costes de mano de obra de recolección al ser una recolección totalmente mecanizada.

1.3. El sector oleícola en Baleares

Si nos centramos en Baleares, la superficie de olivos en producción es de 8.525 ha, de las cuales se dedica la aceituna a producir aceite 8.416 ha (ESYRC España, 2017). Solamente 109 ha están dedicadas a la obtención de aceituna de mesa.

Gran cantidad de estos olivos 5994 ha, están situados en la Sierra de Tramuntana (Ilustración 1) sembrados en “marjades” con un marco de plantación irregular. Son árboles centenarios injertados sobre acebuches de la variedad Mallorquina. Su sistema de cultivo y ubicación dificultan enormemente la mecanización, por lo que prácticamente todas las labores son manuales y muy pocas se llevan a cabo con tractor.

La variedad por excelencia en Mallorca es la variedad Mallorquina, que hasta hace muy poco se pensaba que era la misma que la variedad Empeltre procedente de Aragón, pero estudios realizados en la Universidad de las Islas Baleares demostraron que son diferentes (Oliver, 2015). Sin embargo, hay dos variedades que junto con la Mallorquina copan el 90% de la producción, que son Arbequina y Picual. Estas tres variedades son las variedades aceptadas en la D.O. “Oli de Mallorca” creada el año 2002.

Hay otras variedades plantadas que son minoría como pueden ser Hojiblanca, Cornicabra, Manzanilla (variedad de aceituna de mesa).



Ilustración 1. Situación de las principales zonas olivareras de Mallorca (Fuente: Propia).

Del total de superficie de olivos plantados en Baleares para obtención de aceite, están en regadío 2422 ha (ESYRC España, 2017). Esto representa un 28.4% del total de superficie de olivar. Estas explotaciones se suelen situar en el centro de Mallorca,

normalmente en marcos de plantación intensivos y suelen emplearse las variedades Picual y Arbequina.

El cultivo en superintensivo en seto se encuentra en minoría, sólo dos fincas explotan este sistema de producción actualmente, Aubocassa, propiedad de Agrícola Aubocasser S.L. y Son Mesquidassa, propiedad de Cooperació Rosselló S.A., las superficies de las cuales son, en Aubocassa aproximadamente unas 7 ha y en Son Mesquidassa aproximadamente 60 ha. Aunque las previsiones apuntan a que con los años estas extensiones van a verse aumentadas debido a la alta demanda de aceite y a la fácil mecanización de este cultivo.

1.4. El cultivo en superintensivo en seto

El cultivo en superintensivo en seto se trata de un cultivo con alta densidad de olivos, entre 500 y 2500 por hectárea dependiendo de la disponibilidad de agua (Redagrícola, 2017).

Este tipo de cultivo presenta ventajas sobre todo en el precio de la recolección de la aceituna (Cubero y Penco, 2012; Redagrícola, 2017). Además, presentan una alta producción y rentabilidad los primeros años (Pastor et al., 2005).

Para estas plantaciones son necesarias variedades de olivo de bajo porte y vigor que se adapten a los márgenes de plantación que exige esta técnica. Además requieren alta tecnificación del personal que trabaja en ellas, un alto coste de implantación, y otros inputs de cultivo como agua, fertilizantes, maquinaria... (Moya et al., 2006).

El cultivo en superintensivo en seto utiliza marcos de plantación estrechos (3,5-5 x 0,75-1,75), así consigue setos continuos que son recolectados por cosechadoras cabalgantes, ya sean autopropulsadas o arrastradas por un tractor. Así se consigue un menor coste de recolección que con los demás métodos. Además, debido a la técnica del superintensivo, la plantación tiene un tiempo de vida escaso, según el manejo variará entre los 12 y los 20 años (Rallo y Barranco, 2015).

Tabla 1. Principales diferencias que hay entre el cultivo en superintensivo y el resto de sistemas (Córdoba, 2012).

	Olivar tradicional (mecanizable /no mecanizable)	Olivar intensivo	Olivar superintensivo en seto
Densidad de plantación	Menos de 200 plantas/ha	De 200 a 400 plantas/ha	De 800 a más de 2500 plantas/ha
Marcos de plantación	10 x 10/12 x 12, incluso marcos de plantación irregulares en plantaciones en alta montaña	6 x 6/6 x 3/7 x 5	Cultivo en formaciones de seto: 3,5-5 x 0,75- 1,75
Poda	Poda totalmente	Poda anual semi	Mecanizada de

	manual cada 2 o 3 años	mecanizada o manual	forma anual, algún pase manual cada 2 o 3 años
Restos de poda	Se queman por dificultad de triturarlos	Triturado con picadora	Triturado con picadora
Manejo del suelo	Si el terreno lo permite, labrado, o bien pastoreo	Pases de cultivador, algunas plantaciones con cubierta vegetal	Pases de desbrozadora y herbicida. Sin cubierta
Recolección	Manual, vibradores manuales	Recolección con vibradores y paraguas	Recolección con cosechadoras cabalgantes autopropulsadas
Riego	Muchas explotaciones en secano. Algunas con riego deficitario	Unos 2000 m ³ /ha depende de la zona de cultivo. Estrés moderado de finales de julio a principio de septiembre	Más de 2000 m ³ /ha, depende de las lluvias de la zona. Mayor coste de líneas de goteo que en intensivo
Abonos	Siembre según análisis foliar. Abono cada tres años	Foliar y en fertirriego	Foliar y en fertirriego
Producciones	Plena producción a partir de los 10-15 años. Producciones inferiores a 3000 kg/ha	Plena producción en unos 7-10 años. Producciones en torno a los 7000 kg/ha	Plena producción a los 3-4 años. Producciones superiores a los 10.000 kg/ha

1.5. Las variedades utilizadas en cultivo superintensivo en seto

Desde que se empezó a implantar el cultivo en superintensivo en seto en olivar, son muchos los estudios realizados para ver cuáles son las variedades de olivo que mejor se adaptan a esta tipología de plantación con marcos estrechos. Estas características son: vigor reducido, débil ramificación lateral, entrada en producción precoz, producción elevada y constante, elevado contenido graso, resistencia a plagas y enfermedades, tolerancia a factores abióticos y calidad de aceite (León Moreno, 2009).

Sin embargo, muchos de ellos coinciden que la variedad reina para estos cultivos es la Arbequina (Benito et al., 2013; Connor et al., 2014; Rayo y Barranco, 2015), aunque también se han adaptado muy bien otras variedades como Arbosana o la variedad griega Koroneiki (Connor et al., 2014).

En el transcurso de los años, han salido nuevos híbridos de la Arbequina con un menor vigor para adaptarse al marco de plantación y en España se ha desarrollado una nueva variedad, la Sikitita, híbrida entre Picual (parentesco femenino) y Arbequina (parentesco masculino) (Connor et al., 2014; Rallo et al., 2008).

1.6. Adaptación de los olivos plantados en superintensivo al ambiente

Cuando al inicio de la década de los 90 se empezó a experimentar con marcos de plantación superintensivos, fueron muchas las variedades de olivo que intentaron emplearse, algunas con éxito, algunas con éxito dudoso y otras rechazadas por no adaptarse de ninguna forma. En este proceso también se crearon nuevos patrones a partir de híbridos de otras variedades ya conocidas, como es el caso de Sikitita (León Moreno, 2009), un híbrido entre las variedades españolas Picual y Arbequina, que presenta un reducido vigor y una aceituna con características intermedias.

Pero el factor limitante no solamente es la relación entre marco de plantación y vigor de la planta. hay otros como es la afección de enfermedades debido a que el marco de plantación estrecho no deja airearse de forma adecuada ni entrar la radiación. Además, condiciones de alta humedad, como ocurre en la zona mediterránea, ayudan a la proliferación de enfermedades relacionadas con hongos como Repillo (*Spilocaea oleagina*), aceituna jabonosa (*Colletotrichum gloeosporoides*), o Verticilosis (*Verticillium dahliae*). Algunas variedades son más susceptibles que otras, por ejemplo Arbosana es muy susceptible a Repillo (Tous y Romero, 2003). Otro efecto observado, en este caso haciendo referencia a los frutos, es que durante los primeros años de cosecha son más grandes y con un mayor contenido de humedad y aceite, y así como la plantación va llegando a su pleno rendimiento, disminuyen (Tous y Romero, 2003).

Si bien muchas variedades específicas para cultivo en seto son de reducido vigor, un mal manejo de las podas, un clima cálido y un abonado y riego excesivos, pueden provocar plantaciones demasiado vigorosas en Koroneiki y Arbequina. Por eso en zonas templadas donde el invierno es corto es un factor a tener en cuenta (Marcos, 2010).

1.7. Efectos del cultivo en superintensivo en seto a la calidad del aceite

El sistema de cultivo en superintensivo en seto, puede afectar a la calidad del aceite. Algunos de los factores que afectan son la entrada de luz en la planta, que podrían afectar a la acumulación de foto-asimilados en los frutos, así como ocasionar una maduración irregular; la falta de aireación; una fertilización más intensiva, la recolección mecanizada, que conlleva maltratar menos el fruto antes de la molturación.

Algunos estudios han demostrado que influye más el genotipo de la variedad que no el sistema de cultivo, caso estudiado con las variedades Arbequina, Picual y Sikitita, si bien la variedad Picual no se adapta al sistema en superintensivo debido a su elevado vigor (García-González et al., 2010).

Estudios realizados en Italia confirman que hay variedades más susceptibles a cambios en la calidad de aceite cuando cambian el sistema de cultivo. Es el caso de la variedad Arbequina, que mostraba resultados diferentes en su composición cuando era

cultivada en superintensivo en seto en Italia frente a las cultivadas en cultivo tradicional en España (Allalout et al., 2009). En cambio, la variedad Koroneiki no mostraba diferencias significativas en la calidad del aceite cultivada en superintensivo en Italia o cultivada en marcos tradicionales en Grecia y cultivada sólo con agua de lluvia (Allalout et al., 2009). Por otra parte, un estudio realizado en Creta, muestra como los olivos de Koroneiki sometidos a riego presentaban un aumento significativo en el rendimiento de grasas y en la estabilidad oxidativa (Stefanoudaki et al., 2001).

2. Objetivos

- Describir las variedades Arbequina, Sikitita, Arbosana y Koroneiki para analizar el efecto del ambiente y de la tipología de cultivo sobre la morfología de la planta y el fruto, el vigor y la producción de aceituna.
- Estudiar el comportamiento agronómico de las variedades de aceituna Arbequina, Sikitita, Arbosana y Koroneiki en un cultivo superintensivo en seto en Mallorca.
- Evaluar el aceite de cada variedad fisicoquímica y organolépticamente en distintos puntos de maduración para determinar el grado óptimo de recolección.
- Comparar el aceite de las cuatro variedades en el grado 2 y 4 de maduración y determinar que variedad obtiene mejores resultados en base a análisis fisicoquímico y organoléptico.

la comunidad de regantes de Son Mesquidassa. Esta misma estación de riego cuenta con un sistema para la fertirrigación de la plantación.



Ilustración 3. Recolectora de aceituna trabajando en la finca de Son Mesquidassa (Fuente: Propia).

La climatología de la finca es un clima típico mediterráneo, con temperaturas suaves en invierno y cálidas en verano (Tabla 2). Las precipitaciones se concentran en otoño y primavera generalmente. Durante el año 2017 estos han sido los datos meteorológicos recogidos por una estación cercana del SiAR (SiAR MAPAMA, 2018)

Tabla 2. Datos meteorológicos de Felanitx en el año 2017, obtenidos de la estación de Felanitx del SIAR (MAPAMA).

Mes	Tmedia (°C)	HRmedia (%)	Radiación (MJ/m ²)	Precipitación (mm)	ET _o	Grados día (t-12,5)
1	8,4	82,96	7,44	172,18	23,16	
2	11,12	83,87	10,23	36,25	36,89	
3	12,4	78,35	17,29	49,45	69,77	
4	14,04	72,61	21,26	8,27	93,4	46,2
5	19,51	67,12	24,41	3,94	135,3	217,31
6	24,38	63,36	25,75	71,31	155,05	356,4
7	26,07	67,34	24,26	3,35	158,36	420,67
8	26,76	64,96	20,85	8,47	139,43	442,06
9	21,16	74,3	15,06	34,67	84,38	259,8
10	18,24	79,98	12,15	34,28	56,21	177,94
11	12,23	80,91	8,34	45,71	29,67	
12	9,68	81,33	6,36	40,78	23,42	
Total				508,66	1005,04	1920,38

La temperatura media durante el año 2017 ha sido de 16,9. Las temperaturas máximas se han registrado en los meses de julio y agosto con temperaturas máximas en torno a los 40°C. Las temperaturas mínimas se registraron durante los meses de Diciembre y Enero.

El riego de los árboles se realiza mediante sistema de riego localizado con goteos auto compensantes de 2,3L/h separados 0,75cm. Los riegos durante esta campaña se recogen en la Tabla 3.

Tabla 3. Datos del riego aplicado (valores cedidos por la finca Son Mesquidassa).

Mes	Nº de riegos	Dosis (m ³ /ha)	Dosis (L/árbol)
Marzo	2	36,82	22,2
Abril	10	139,05	83,8
Mayo	11	210,19	126,6
Junio	7	209,44	126,2
Julio	7	175,89	106,0
Agosto	18	578,61	348,6
Septiembre	5	122,85	74,0
Octubre	2	49,81	30,0
Total	62	1562,66	917,3

La fertilización se ha realizado por fertirriego y con tratamientos foliares. El primer sistema de fertilización es el de fertirrigación aprovechando los aportes de agua de riego. Ha sido el principal sistema de aporte de nutrientes a los olivos. Estas aportaciones de abono han sido escalonadas, siendo más frecuentes en época de cuajado de flor y cuajado de fruto.

Tabla 4. Fertilizantes aplicados durante la campaña 2017 desde marzo a octubre.

	Producto (N-P-K)	Numero de aplicaciones	kg/ha totales
Fertirriego	Entec 21 (21-8-11)	16	1460,2
	Hakaphos rojo (18-18-18)	3	340,9
	Hakaphos violeta (13-40-13)	7	795,5
	0,0,50 (0-0-50)	17	1863,6
Foliar	Basfoliar primavera (25-10-17)	3	14,3
	Nutripluse (9-4-6)	3	13,9
	Basfoliar avant natur (5,5-0-0)	2	4,6
	Basfoliar animio premiun (3-0-0)	1	2,4
	Basfoliar olivo (14-5-28)	1	6,7
	Frutec k (0-0-31)	5	1500cc

El control de plagas y enfermedades se realizó con los mínimos tratamientos posibles. Después de la poda se realizaron dos tratamientos, uno con caldo bordelés y otro con cobre. En abril se realizaron dos tratamientos contra el Repillo (*Spilocaea oleagionsa*) con cobre y un fungicida sistémico. Contra Prays (*Prays oleae*) se hizo un tratamiento en abril y otro en mayo. Para la mosca (*Bactrocera oleae*) solamente fue necesario un pase de insecticida debido a que fue un año con muy poca incidencia de esta plaga. El tratamiento se hizo a mediados de junio con la materia activa Dimetoato.

3.2. Material vegetal

El experimento se realizó sobre 4 variedades, la variedad principal de la finca que es la Arbequina y 3 de las experimentales, Arbosana, Sikitita y Koroneiki (Imagen 4).

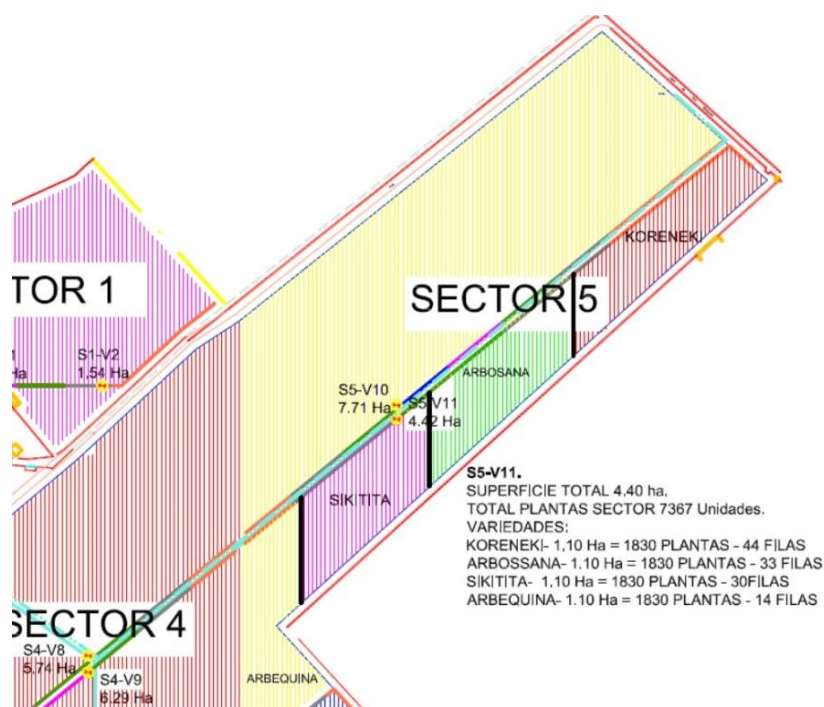


Ilustración 4. Detalle de la localización de las variedades experimentales (Fuente: Son Mesquidassa).

En la zona de la finca donde se encuentran las variedades experimentales, se seleccionaron 3 filas de cada variedad de árboles dejando entre ellas una fila sin tocar, en cada hilera se seleccionaron 3 o 4 árboles para un total de 10 árboles por variedad.

3.2.1. Arbequina

-Origen y situación en España: originaria de Arbeca (Lleida). Si bien algunos estudios remontan sus orígenes en algún otro lugar de la cuenca mediterránea y luego traída por navegantes en tiempos de la Corona de Aragón (Marcos, 2010). Es la variedad mayoritaria en el sistema de plantación en superintensivo en seto, debido a su buena adaptación y aceptación del aceite.

-Árbol: de vigor medio, copa densa y porte semi-abierto.

-Fruto: esférico y simétrico, con ápice y base redondeados, carece de pezón. Vira a color negro al madurar. Su peso es bajo.

-Aceite: aceite virgen caracterizado como dulce. Con valores altos en frutados, bajos niveles de picor y amargor. Baja estabilidad, bien vendido como mono varietal o bien en *coupage* con otros aceites más estables.

-Consideraciones agronómicas: resistente al frío, si bien heladas extremas pueden provocar severos daños. El vigor depende mucho de la zona de plantación y manejo, si se descuida puede formar árboles demasiado vigorosos. Buena resistencia a enfermedades, si bien poca resistencia a suelos calizos puede provocar clorosis férrica.

Elevado porcentaje de enraizamiento. Variedad muy productiva, de entrada en producción precoz y constante.

3.2.2. Sikitita

-Origen y situación en España: híbrido creado en España en 1991 por la Universidad de Córdoba, a partir de las variedades Picual (parentesco femenino) y Arbequina (parentesco masculino). Se buscaba el alto rendimiento graso y estabilidad de la variedad picual y la gran producción y el aceite afrutado de Arbequina. Desde el 2007 son varias las explotaciones que han plantado esta variedad, pero aun es una variedad minoritaria en el cultivo en superintensivo en seto (Rallo et al., 2008).

-Árbol: bajo vigor, de copa densa y porte abierto (Rallo et al., 2008).

-Fruto: peso medio, de forma ovoide y simétrico. Cuando madura vira a un color negro.

-Aceite: aceite virgen de tipo dulce, fluido, con niveles bajos en picor y amargor. Elevados tonos de frutado. Baja estabilidad. Facilidad de extracción.

-Consideraciones agronómicas: variedad resistente al frío. Con muy buena producción y rendimiento graso. Bajo vigor lo que hace que acepte marcos de plantación más estrechos.

3.2.3. Koroneiki

-Origen y situación en España: originaria de Grecia, siendo la variedad más cultivada en el país con más del 50% de los olivos plantados. En los últimos años se está extendiendo por el resto del mundo, en España es un buen complemento de plantaciones intensivas y superintensivas debido a que madura dos semanas más tarde que la Arbequina.

-Árbol: planta muy vigorosa, con tendencia a sacar rebrotes en el tronco. Porte vertical y con una elevada densidad de copa.

-Fruto: tamaño pequeño y de forma alargada con un pezón muy marcado.

-Aceite: aceite del tipo virgen, con una elevada estabilidad. Tiene un característico color verde. Muy complejo en boca, con astringencia moderada y persistente en boca, Niveles moderados de picante y amargor.

-Consideraciones agronómicas: muy poco resistente a las heladas. Por tanto, solo se recomienda en zonas elevadas y con buena incidencia solar. En cuanto a enfermedades,

es susceptible al ataque de tuberculosis. Madura dos semanas más tarde que Arbequina. Su elevado vigor puede desaconsejar su uso en algunos ambientes.

3.2.3. Arbosana

-Origen y situación en España: originaria del Penedés, seguramente reciba el nombre de la población tarraconense de l'Arboç. Siendo minoría en su zona de origen, en los últimos años es muy utilizada en cultivos en seto, debido a su muy buena adaptación a este sistema, al ser poco vigorosa y muy productiva. Se han creado algunos híbridos como el Arbosana I-43 de Agromillora.

-Árbol: muy poco vigoroso, de copa densa y porte llorón. Es muy productivo.

-Fruto: esférico y pequeño, de color violáceo a la maduración con muchas lenticelas pequeñas.

-Aceite: corresponde a un aceite virgen, de tipo verde y con fuerte carácter. Buena armonía, con niveles altos de picor, amargor y astringencia. Persistente en boca.

-Consideraciones agronómicas: variedad sensible al frío, factor a tener en cuenta en zonas donde haya heladas frecuentes ya que la producción puede verse severamente afectada. En cuanto a plagas y enfermedades, es susceptible de ser atacada por Repillo, lo cual en zonas donde haya mucha incidencia de este hongo, se deberá tener en cuenta, aunque con algún tratamiento más se puede corregir; también es poco resistente a Antracnosis. Por otra parte, la maduración de este patrón es más tardía que las otras variedades, y según la zona se retrasa más de tres semanas frente a Arbequina, lo que puede facilitar escalonar la recolección, en plantaciones con esta variedad.

3.3. Determinaciones

3.3.1. Caracterización morfológica

-Morfología de fruto, hueso y hoja para elaboración de ficha descriptiva: Se realizó un estudio de la morfología tanto de fruto, como de hueso y hoja. Se ha seguido caracteres utilizados en la descripción de las fichas varietales de la Plataforma de conocimiento para el medio rural y pesquero (Caracteres utilizados en la descripción de las fichas varietales, 2008).

Caracteres utilizados en la descripción:

Morfología hoja: forma, longitud, Anchura, Curvatura longitudinal del limbo.

Morfología fruto: peso, forma, grado de simetría, diámetro trasversal máximo, ápice, base, pezón, presencia de lenticelas, tamaño de lenticelas, color en maduración.

Morfología hueso: forma, grado de simetría, en ambas posiciones, diámetro transversal, ápice, base, superficie, número de surcos fibro vasculares, distribución de surcos fibro vasculares, terminación del ápice.

-Cálculo de relación pulpa-hueso

Para el cálculo de la relación pulpa hueso, se seleccionaron tres réplicas de 10 frutos por variedad. Una vez separados el hueso de la pulpa se pesaron en una balanza.

Relación pulpa-hueso = (media peso 10 frutos-media peso 10 huesos)/media peso 10 huesos

Ficha caracteres morfológicos obtenida de la plataforma de conocimiento para el medio rural y pesquero (Caracteres utilizados en la descripción de las fichas varietales, 2008). Las fichas se han completado cuando los frutos se encontraban en el grado de maduración 4.

Hoja	Fruto	Hueso	Árbol
Forma Elíptica (L/A<4) Elíptico-lanceolada (L/A 4-6) Lanceolada (L/A>6)	Peso Bajo(<2g) Medio(2-4g) Elevado(4-6g) Muy elevado(>6g)	Peso Bajo (<0,3g) Medio (0,3-0,45g) Elevado (0,45-0,7g) Muy elevado (>0,7g)	Vigor Bajo Medio Elevado
Longitud Corta(<5cm) Media(5-7cm) Larga(>7cm)	Forma Esférica (L/A<1,25) Ovoide(L/A 1,25-1,45) Alargada(L/A>1,45)	Forma Esférica (L/A<1,4) Ovoide (L/A 1,4-1,8) Elíptica (L/A 1,8-2,2) Alargada (L/A>2,2)	Porte Abierto Erguido Densidad de copa Baja Media Alta
Ancho Estrecha(<1cm) Media (1-1,5cm) Ancha(>1,5cm)	Simetría Simétrico Ligeramente asimétrico Asimétrico	Simetría Simétrico Ligeramente asimétrico Asimétrico	
	Pos. D. tras. Hacia la base Centrado Hacia al ápice	Pos. D. tras. Hacia la base Centrado Hacia al ápice	
	Ápice Apuntado redondeado	Ápice Apuntado Redondeado	
	Base Truncada Redondeada	Base Truncada Redondeada	
	Pezón Ausente Presente	Superficie Lisa Rugosa Escabrosa	
	Lenticelas Presentes Ausentes	Nº de surcos Bajo (<7) Medio (7-10) Elevado (>10) Elevado (>10)	
	Tamaño lenticelas Pequeñas Grandes		

3.3.2. Parámetros agronómicos

Parámetros de vigor

Vigor del árbol: se tomaron dos medidas de grosor del tronco a 75 cm de altura respecto al suelo (ver Imagen 3), de los 10 árboles por variedad una vez cuajado el fruto.



Ilustración 5. Medida del grosor del tronco (Fuente: propia).

Altura y anchura de cada árbol: se determinaron a partir de dos fotografías, una en dirección este y otra en dirección oeste con la referencia de la cinta métrica. Las imágenes se procesaron mediante el programa ImageJ©.

Volumen de copa: para el cálculo del volumen de copa se midió la superficie de copa de ambos lados de la fila en los árboles seleccionados. También se midió el ancho de fila en campo con una cinta métrica, se tomaron cuatro medidas y se realizó una media para cada variedad. Con esos cálculos se procedió al cálculo de volumen de la siguiente forma:

$$V=(s1 \times s2)/2 \times a$$

Donde:

V=volumen de copa en m³

S1=superficie del árbol cara este en m²

S2=superficie del árbol cara oeste en m²

A=media de la anchura de la fila de árboles m

Seguimiento de la maduración de la aceituna

El seguimiento de la maduración se hacía cada 10-12 días aproximadamente. Para los controles de maduración en campo, se recolectaron 10-12 aceitunas en todos los árboles de las filas seleccionadas, excepto de los 10 árboles seleccionados para el cálculo de producción para no alterar la producción final de esos árboles. Las muestras de 50 aceitunas se recogieron a diversas alturas para que la muestra fuese homogénea. De estas 50, una a una era evaluada según su color exterior según la escala puesta anteriormente. Si la pulpa era completamente negra, las aceitunas se abrían con un cuchillo para ver el color de la pulpa.



Ilustración 6. Cálculo del índice de madurez, partiendo las aceitunas para comprobar el color de la pulpa (Fuente: Propia).

Para obtener el índice de madurez se utilizó una fórmula donde A,B,C,D,E,F,G,H son el número de aceitunas en cada estado de la escala y 0,1,2,3,4,5,6,7 el índice de maduración respectivo.

$$IM=(Ax0 + Bx1 + Cx2 + Dx3 + Ex4 + Fx5 + Gx6 + Hx7)/50 \text{ (CSR Servicios, 2006)}$$

El grado de maduración de la aceituna se ha calculado con la escala de color siguiente:

Escala:

0. Piel verde intenso
1. Piel verde amarillento
2. Piel verde con manchas rojizas en menos del 50% del fruto, inicio del envero
3. Piel rojiza o morada en más del 50% del fruto. Final del envero
4. Piel totalmente negra. Pulpa blanca.

5. Piel totalmente negra. Pulpa morada sin llegar a la mitad de la pulpa
6. Piel totalmente negra. Pulpa morada sin llegar al hueso
7. Piel totalmente negra. Pulpa morada totalmente hasta el hueso



Ilustración 7: Evolución del índice de maduración de la aceituna (Fuente: Victoriano Vega, Investigador del IFAPA)

Una vez llegado al índice de maduración deseado para la extracción de aceite, se repetía el procedimiento anterior con 3 alícuotas de 50 aceitunas sacadas de todos los quilos de aceituna recolectada para molturación.

3.3.3. Parámetros productivos

La producción de cada variedad se determinó en 10 árboles por variedad. Para ello, se recolectó manualmente la producción de cada árbol en grado 4 de maduración y se obtuvo su peso. Los resultados se expresaron por árbol y por hectárea considerando el marco de plantación.

3.4. Calidad de aceite

Para analizar la calidad del aceite obtenido de las distintas variedades, se realizaron extracciones en tres grados de maduración según la escala de coloración de la piel y la pulpa del fruto. Los grados elegidos fueron grado 2, donde la aceituna empieza el envero, es un estado de maduración que en los últimos años se está utilizando mucho, ya que se ha demostrado que aceites de aceitunas más verdes consiguen mejor calidad (Gil-Garau, 2013). El segundo grado de maduración (grado 4), Corresponde a final del envero. Hasta hace unos años era el grado de maduración más habitual para la extracción de aceite a gran escala. El último grado en el que se han realizado

extracciones ha sido el estado 6. En este grado la aceituna está completamente madura, con más del 50% de la pulpa morada.

3.4.1. Extracción de las muestras de aceite

Se utilizaron muestras de 10-12 kg de aceitunas tomadas en todos los árboles seleccionados (200-300 g por árbol), de distintas posiciones en la copa de los árboles para asegurar la mayor uniformidad posible. La extracción del aceite se hizo con el sistema ABENCOR (Motilva, Paz y Fabregat, 2000). Es un sistema que permite molturar pequeñas cantidades de aceituna para obtener muestra de aceite suficiente para realizar análisis químicos y organolépticos. Cuenta principalmente de tres máquinas, molino, termo batidora y centrifuga que se encargan de moler la aceituna, batir la pasta y por ultimo centrifugarla para obtener el aceite.



Ilustración 8. Recolección de aceitunas (Fuente: Propia).

El primer paso a la recepción de la aceituna era separar las hojas y brotes dejando la aceituna limpia. Una vez limpia, se va moliendo en el molino del ABENCOR con la criba del molino más fina, asegurando una pasta más homogénea. Posteriormente, se colocan 700 gramos de pasta de aceituna en las cazoletas. Se colocan las cazoletas en la termo batidora y se bate durante 30 minutos con la temperatura del baño de las cazoletas a aproximadamente 27°C (Ilustración 9). No se añade ni agua caliente ni talco a la pasta por no considerarse necesario debido a la buena textura de la pasta.

Una vez batida la pasta, se centrifugan individualmente las cazoletas durante 60 segundos vertiendo el contenido centrifugado en probetas de 500 ml. El contenido de 4 centrifugados era vertido en un embudo de decantación de 1l y se deja reposar durante al menos 12 horas a una temperatura de 24-25°C para conseguir una correcta separación de fases. Cada embudo formaba parte de una de las tres alícuotas por muestra de cada variedad y estado de maduración (Ilustración 9).



Ilustración 9. Sistema ABENCOR utilizado en la extracción de aceite (Fuente: Propia).

-Cálculo del rendimiento de aceite

Para calcular el rendimiento del aceite obtenido se vertió el contenido de los embudos de decantación en probetas de 250 ml. Sabiendo que cada embudo contenía el aceite obtenido por 4 cazoletas, y sabiendo el peso de pasta exacto de cada cazoleta el cálculo del rendimiento se realizó aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento (\%)} = \left(\frac{v}{4} \cdot d \right) / p \cdot 100$$

Dónde:

v=volumen neto del embudo

d=densidad del aceite (en nuestro caso 0.913 g/ml)

p=peso de pasta de aceite del que se ha obtenido el aceite

Una vez calculado el rendimiento, el aceite se vierte de inmediato en botellas de cristal color ámbar, cerradas con tapones nuevos y etiquetadas. Las botellas se almacenaron en armarios en total oscuridad para su correcta conservación y se utilizaron para el análisis químico y sensorial.

3.4.2. Análisis químico del aceite

-Grado de Acidez

El contenido en ácidos grasos libres se expresa mediante la acidez calculada según el método oficial (CEE_2568-91 análisis de aceites, 1991).

Determinación: Se tomaron 20 gramos de muestra de aceite. La muestra se disuelve en 50 ml de la mezcla de éter dietílico y etanol, previamente neutralizada se valora con la solución de hidróxido potásico de 0,1 M en agitación hasta el viraje del indicador (la coloración rosa de la fenolftaleína debe permanecer al menos durante 10 segundos). Ver ilustración 9.

La acidez, expresada en porcentaje de ácido oleico es igual a:

$$V \times c \times \frac{M}{1\ 000} \times \frac{100}{P} = \frac{V \times c \times M}{10 \times P}$$

Siendo:

V: volumen en ml de la solución valorada de hidróxido potásico utilizada.

c: concentración exacta, en moles por litro, de la solución de hidróxido potásico utilizada.

M: peso molecular del ácido en que se expresa el resultado (ácido oleico = 282).

P: peso en gramos de la muestra utilizada.

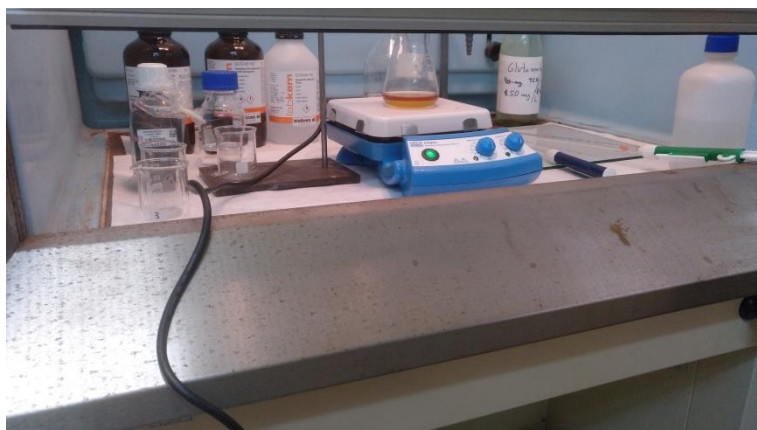


Ilustración 10. Valoración de la acidez de una muestra de aceite (Fuente: Propia).

-Determinación índice de peróxidos

El índice de peróxidos es la cantidad (expresada en miliequivalentes de oxígeno activo por kg de grasa) de peróxidos en la muestra que ocasionan la oxidación del yoduro potásico en las condiciones de trabajo descritas. Para ello se utilizó el método oficial (CEE_2568-91 análisis de aceites, 1991).

Determinación: La muestra de aceite se introduce en una navecilla de vidrio. Se añaden 10 ml de cloroformo. Se disuelve rápidamente la muestra problema mediante agitación. Se añaden 15 ml de ácido acético y, a continuación, 1 ml de solución de yoduro potásico. El matraz cerrado se agita durante 1 minuto. Se mantiene en la oscuridad durante 5 minutos exactamente, a una temperatura comprendida entre 15 y 25 °C. Se añaden 75 ml aproximadamente de agua destilada y se valora el yodo liberado con la solución de tiosulfato sódico utilizando la solución de almidón como indicador.

El índice de peróxidos (I.P.), expresado en miliequivalentes de oxígeno activo por kg de grasa se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$IP = \frac{V \times N \times 1\,000}{p}$$

Siendo:

V: ml de solución valorada de tiosulfato sódico (6.4) empleados en el ensayo, convenientemente corregidos para tener en cuenta el ensayo en blanco.

N: normalidad exacta de la solución de tiosulfato sódico (6.4) empleada.

P: peso, en gramos de la muestra problema.

-K232 y K270

La prueba de espectrofotometría proporciona indicaciones sobre la calidad de una materia grasa y su estado de conservación, así como las alteraciones producidas por procesos tecnológicos.

La materia grasa se disuelve en el disolvente requerido y se determina la extinción de la solución a las longitudes de onda prescritas, respecto al disolvente puro. A partir de los valores espectrofotométricos se calculan las extinciones específicas. Se calcula la absorbancia específica a 232 nm y 270 nm. Para ello se utilizó el método oficial (CEE_2568-91 análisis de aceites, 1991), con las siguientes modificaciones: una vez medida la muestra, se leían los valores obtenidos a 270 nm, pero para poder leer los valores a 232 nm, se debía diluir la muestra ya disuelta con una proporción 1/3 con el mismo disolvente, en este caso isooctano.

Determinación:

Pesar en un matraz aforado de 25 ml , 0,25 g de la muestra, enrasar con el isooctano y homogeneizar.

Se llena una cubeta de cuarzo con la solución obtenida y se miden las extinciones, usando como referencia el disolvente empleado.

Se registran las extinciones específicas o coeficientes de extinción a las diversas longitudes de onda, calculadas como sigue:

$$K_{\lambda} = \frac{E_{\lambda}}{c \cdot e.}$$

dónde:

K_{λ} = extinción específica a la longitud de onda λ ,

E_{λ} = extinción medida a la longitud de onda λ ,

c = concentración de la solución en g/100 ml ,

s = espesor de la cubeta de cuarzo en cm.

Los resultados deben expresarse con dos cifras decimales.

-Potencial oxidativo

Se ha utilizado en método Rancimat (Farhoosh et al., 2008) que nos permite evaluar como de rápido se oxida un aceite, para eso eleva la temperatura del aceite a 120°C y a la vez, burbujea aire en el interior de la muestra. Los vapores son introducidos en un vaso de agua destilada. Unos electrodos bañados por esa agua van midiendo la conductividad eléctrica de dicha agua, cuando pasa a formar una curva

exponencial tiempo/conductividad, la máquina para y te indica cuanto tiempo ha tardado en pasar.

Determinación: Se pesan 3 g de aceite en cada tubo de cristal, previamente se ha puesto a calentar el Rancimat a 120°C. Cada tupo se coloca en uno de los 8 puestos que tiene el Rancimat (Ilustración 10) cuando ha llegado a la temperatura óptima, y se procede a analizar. Transcurridas 24 horas, se toman los registros de la evolución oxidativa.



Ilustración 11. Equipo Rancimat utilizado en el cálculo del potencial oxidativo de las muestras de aceite (Fuente: propia).

3.4.3. Análisis sensorial

Para realizar el análisis sensorial se dispuso de un panel de catadores expertos compuesto por 8 catadores.

Para evaluar las muestras de aceite de cada variedad y sus distintos grados de maduración no se separaron muestras dentro de un mismo grado de maduración y variedad y se supuso que era el mismo aceite.

Las muestras se cataron en copas de cata de color azul (ver imagen 11) tapadas por un vidrio de reloj hasta el momento exacto de la valoración. Se entregó una ficha por catados y muestra para que se rellenase. Se propuso a los catadores que se valorase en el apartado de frutado y verde con un valor del 1 al 10 según su intensidad.



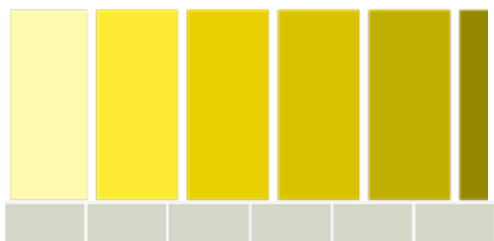
Ilustración 12. Copa utilizada en la cata de aceite (Fuente: Copa Cata de Aceite Oliva, Vidrio Azul 6pcs – Tecnylab).

Cada catador dispuso de una ficha de cata (ver ejemplo para evaluar la tonalidad e intensidad de color y atributos y defectos sensoriales, así como para la valoración global de las muestras de aceite.

Catador:

Muestra:

Color:



Aspecte	
Brillant	<input type="checkbox"/>
Transparent	<input type="checkbox"/>
Velat	<input type="checkbox"/>
Tèrbol	<input type="checkbox"/>
Amb pòsits	<input type="checkbox"/>

Viscositat	
Fluïd	<input type="checkbox"/>
Viscós	<input type="checkbox"/>
Molt viscós	<input type="checkbox"/>

Atributs positius								
Fruïtat	Oliva madura, oliva verda, poma, plàtan, ametlla, taronja, altres*							
Verd	Herba, fulles, tiges i justa verda, herbes aromàtiques, hortalisses*							
Amarg	Gens	<input type="checkbox"/>	Poc	<input type="checkbox"/>	Mitjà	<input type="checkbox"/>	Molt	<input type="checkbox"/>
Astringent	Gens	<input type="checkbox"/>	Poc	<input type="checkbox"/>	Mitjà	<input type="checkbox"/>	Molt	<input type="checkbox"/>
Picant	Gens	<input type="checkbox"/>	Poc	<input type="checkbox"/>	Mitjà	<input type="checkbox"/>	Molt	<input type="checkbox"/>
Dolç	Sí	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>				

* Es pot concretar més

Defectes									
Fong-Humitat	sí	<input type="checkbox"/>	no	<input type="checkbox"/>	Borres-Terbolesa	sí	<input type="checkbox"/>	no	<input type="checkbox"/>
Trullat	sí	<input type="checkbox"/>	no	<input type="checkbox"/>	Ranci	sí	<input type="checkbox"/>	no	<input type="checkbox"/>
Avinat-Avinagrat	sí	<input type="checkbox"/>	no	<input type="checkbox"/>	Altres (anomenar-ne quins)				

Persistència										
Intensitat	Gens	<input type="checkbox"/>	Poc	<input type="checkbox"/>	Mitjana	<input type="checkbox"/>	Molta	<input type="checkbox"/>		
Durada	Nul·la	<input type="checkbox"/>	Curta 1 min.	<input type="checkbox"/>	Mitjana 5 min.	<input type="checkbox"/>	Llarga 10 min.	<input type="checkbox"/>	Molt llarga 15 min.	<input type="checkbox"/>

Valoració global										
Inclou el conjunt de percepcions dels atributs valorats, el seu equilibri i la seva harmonia.										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ilustración 13: Ficha de cata utilizada en el análisis sensorial de las muestras de aceite (adaptada de DO Oli de Mallorca).

3.5. Análisis estadístico

Para realizar los cálculos estadísticos se ha utilizado el programa estadístico SPSS, con el que se han realizado comparaciones de medias mediante un análisis ANOVA, comprobado si había diferencias significativas entre resultados y en caso que fuese positivo se ha aplicado un test de Duncan (debido a que los resultados presentan un distribución normal) con $p < 0.05$.

4. Resultados

4.1. Caracterización morfológica de las distintas variedades

A continuación, podemos ver el resultado de los caracteres morfológicos, si bien solo disponemos de datos de la campaña del 2017, nos permiten ver cómo ha evolucionado cada variedad en condiciones de cultivo superintensivo en seto en Mallorca después de 3 años de su implantación.

Las variedades Arbosana y Sikitita presentan árboles menos vigorosos y portes abiertos. En cambio, las variedades Koroneiki y Arbequina presentan portes erectos y árboles más vigorosos.

Todos los árboles presentan hojas elíptico-lanceoladas, a excepción de Koroneiki que las tiene elípticas.

En la morfología de fruto, destaca que todas las variedades tienen los caracteres bien consolidados, excepto la variedad Sikitita, que en el carácter presencia/ausencia de mugrón no está bien definido, donde de los 15 frutos analizados, 12 presentaban mugrón y tres no.

4.1.1 Ficha Arbequina

Árbol

Vigor: Medio
Porte: Erguido
Densidad de copa: Elevada
Altura: 2,7m
Diámetro de tronco: 55,2mm
Volumen de copa: 2,98m³



Hoja

Longitud: Media (5,6cm)
Anchura: Media (1,36cm)
Forma: Elíptico-Lanceolada



Fruto

Peso: Bajo (1,83g)
Forma: Esférica
Simetría: Simétrico
P. diámetro transv : Centrada
Ápice: Redondeado
Base: Redondeado
Pezón: Ausente
Lenticelas: Presentes
Tamaño lenticelas: Grande
Color en maduración: Negro
Relación Pulpa/Hueso: 3,8

Hueso

Peso: Medio (0,38g)
Forma: Ovoide
Simetría: Simétrico
P. diámetro transv : Centrada
Ápice: Apuntado
Base: Redondeado
Superficie: Rugosa
Número de surcos: Medio

4.1.2. Ficha Sikitita

Árbol

Vigor: Bajo
Porte: Abierto
Densidad de copa: Elevada
Altura: 2,03m
Diámetro de tronco: 56,5 mm
Volumen de copa: 2,25m³



Hoja

Longitud: Corta (4,8cm)
Anchura: Estrecha (0,91cm)
Forma: Elíptico-Lanceolada



Fruto

Peso: Medio (3,1g)
Forma: Esférica
Simetría: Asimétrico
P. diámetro transv : Centrada
Ápice: Redondeado
Base: Redondeado
Pezón: Ausente/Presente
Lenticelas: Presentes
Tamaño lenticelas: Grande
Color en maduración: Violáceo muy oscuro o negro
Relación Pulpa/Hueso: 4,66

Hueso

Peso: Elevado (0,55g)
Forma: Ovoide
Simetría: Asimétrico
P. diámetro transv : Centrada
Ápice: Apuntado
Base: Truncada
Superficie: Rugosa
Número de surcos: Bajo

4.1.3. Ficha Koroneiki

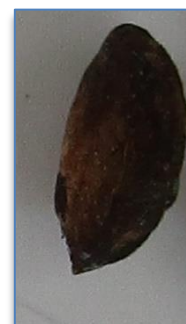
Árbol

Vigor: Alto
Porte: Erguido
Densidad de copa: Elevada
Altura: 3,11m
Diámetro de tronco: 62,5mm
Volumen de copa: 3,55m³



Hoja

Longitud: Media (5,4cm)
Anchura: Media (1,41cm)
Forma: Elíptica



Fruto

Peso: Bajo (1,3g)
Forma: Alargada
Simetría: Asimétrico
P. diámetro transv : Centrada
Ápice: Apuntada
Base: Apuntada
Pezón: Presente
Lenticelas: Presentes
Tamaño lenticelas: Pequeñas
Color en maduración: Negro
Relación Pulpa/Hueso: 3,46

Hueso

Peso: Bajo (0,29g)
Forma: Elíptica
Simetría: Asimétrico
P. diámetro transv : Centrada
Ápice: Apuntado
Base: Apuntado
Superficie: Lisa
Número de surcos: Medio

4.1.4. Ficha Arbosana

Árbol

Vigor: Bajo
Porte: Abierto
Densidad de copa: Media
Altura: 2,46m
Diámetro de tronco: 46,9mm
Volumen de copa: 2,11m³



Hoja

Longitud: Media (6cm)
Anchura: Media (1,42cm)
Forma: Elíptico-Lanceolada



Fruto

Peso: Bajo (1,78g)
Forma: Esférica
Simetría: Simétrico
P. diámetro transv : Centrada
Ápice: Redondeado
Base: Redondeado
Pezón: Ausente
Lenticelas: Presentes
Tamaño lenticelas: Grande
Color en maduración: Violáceo llegando a negro muy al final de la maduración
Relación Pulpa/Hueso: 4,76

Hueso

Peso: Medio (0,31g)
Forma: Ovoide
Simetría: Simétrico
P. diámetro transv : Centrada
Ápice: Apuntado
Base: Redondeado
Superficie: Rugosa
Número de surcos: Medio

4.2. Comportamiento agronómico

4.2.1. Vigor

En la tabla 5 observamos como Arbosana presenta el valor más bajo en cuanto a diámetro de tronco y Koroneiki el más alto, quedándose entre medias Arbequina i Sikitita.

Tabla 5. Parámetros de vigor (diámetro del tronco, dimensión y volumen de copa), de las 4 variedades estudiadas. Las letras indican diferencias significativas entre variedades con un nivel de significación $p < 0,05$.

Variedades	Diámetro tronco (mm)	Alto (cm)	Ancho (cm)	Volumen copa (m ³)
Arbequina	55,21 ± 2,57 ^{ab}	269,5 ± 4,0 ^b	131,2 ± 3,6 ^{ab}	2,99 ± 0,11 ^b
Arbosana	46,90 ± 1,55 ^a	246,6 ± 4,1 ^b	117,0 ± 2,1 ^a	2,12 ± 0,09 ^a
Koroneiki	62,65 ± 2,53 ^b	311,8 ± 4,8 ^c	138,9 ± 1,8 ^b	3,55 ± 0,12 ^c
Sikitita	56,57 ± 2,51 ^{ab}	203,8 ± 6,4 ^a	120,6 ± 3,5 ^a	2,26 ± 0,07 ^a

En cuanto a la altura, los valores más bajos se midieron en la variedad Sikitita y la variedad Koroneiki de nuevo presenta los valores más altos respecto al resto de variedades (Tabla 5).

En cuanto al ancho de copa, las variedades con los valores más bajos fueron Arbosana y Sikitita, mientras Koroneiki presentó valores significativamente mayores.

En el cálculo del volumen de copa, podemos ver que hay diferencias significativas, siendo Arbosana y Sikitita las variedades con menor volumen de copa, en el siguiente escalón se encuentra Arbequina y para finalizar, la variedad con mayor volumen de copa es Koroneiki (Tabla 5).

4.2.2. Evolución de la maduración de las distintas variedades

En la figura 1 se puede observar como Arbequina y Sikitita son los árboles que maduraron el fruto en primer lugar, a principios de octubre los grados de maduración eran superiores a 2 en ambos casos. También son los que evolucionaron más rápido ya que en 2 meses ambas variedades habían llegado al grado 6 de maduración. Koroneiki empezó a madurar 2 semanas después que Arbequina y Sikitita, pero su maduración fue mucho más lenta, costándole llegar al grado 6 de maduración, llegando a 5,5 aproximadamente a finales de enero. La variedad Arbosana fue la más lenta en empezar la maduración, dando el grado 2 a finales de noviembre. Aunque su maduración sigue una buena pendiente, no conseguimos llegar al grado 6 a tiempo alcanzando un grado algo inferior a 4 a finales de enero (Figura 1).

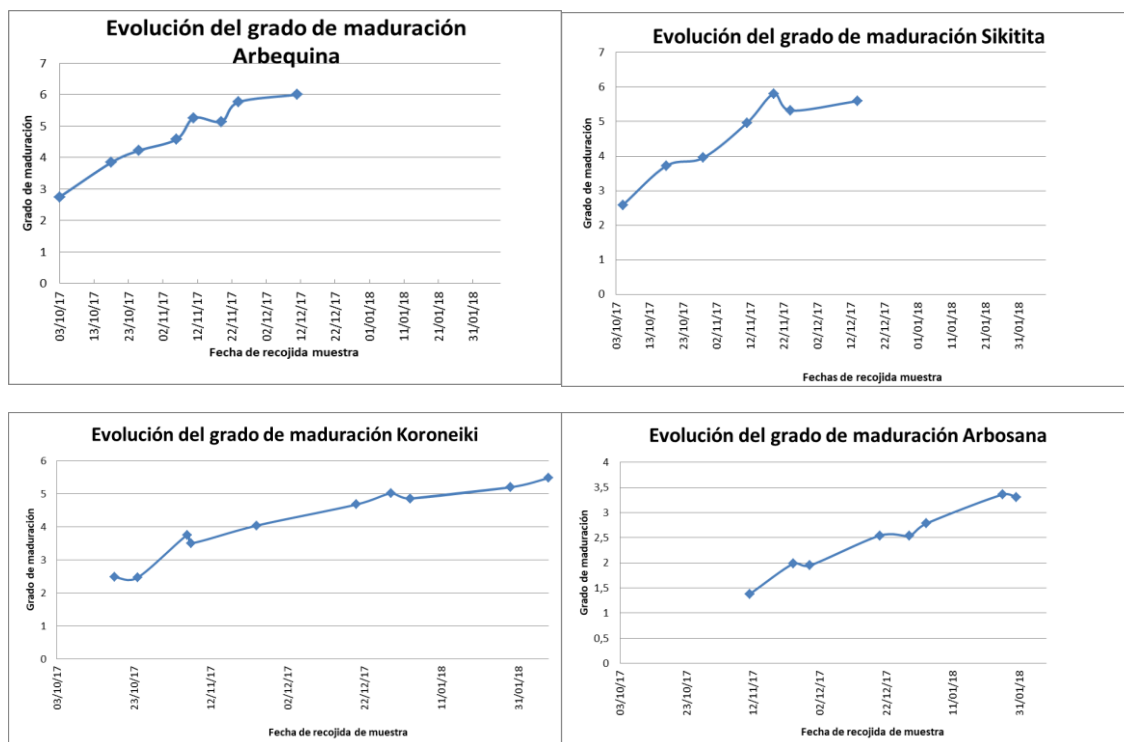


Figura 1. Evolución de la maduración de las distintas variedades estudiadas.

4.2.3. Producción

En lo que se refiere a producción, destacó Koroneiki por tener los árboles menos productivos, no llegando a un quilo por árbol de media (Tabla 6). Por el contrario Arbosana presentó los valores de producción más altos, con casi 4 quilos por árbol de media. Entre ellos se quedan Arbequina y Sikitita con valores de 2,74 y 2,7 kg respectivamente.

Tabla 6. Parámetros productivos (producción de aceituna y de aceite), y rendimiento graso de las 4 variedades estudiadas en grado 4 de maduración. Las letras indican diferencias significativas con un nivel de significación del 0.05.

Variedades	Producción aceituna (kg/árbol)	Producción aceituna (kg/ha)	Producción aceite (kg /ha)	Rendimiento graso (%)
Arbequina	2,74 ± 0,15 ^b	4568,33 ± 251,87 ^b	650,46 ± 16,07 ^b	14,24 ± 0,35 ^a
Arbosana	3,99 ± 0,27 ^c	6646,67 ± 457,74 ^c	946,38 ± 10,21 ^c	14,24 ± 0,15 ^a
Koroneiki	0,96 ± 0,24 ^a	1591,67 ± 396,38 ^a	341,15 ± 4,62 ^a	21,43 ± 0,29 ^b
Sikitita	2,70 ± 0,18 ^b	4503,33 ± 305,96 ^b	602,05 ± 19,11 ^b	13,37 ± 0,42 ^a

Si extrapolamos los datos a producción por hectárea teniendo en cuenta el marco de plantación, cabe destacar la producción de Arbosana consiguiendo valores de 6646,67 kg/ha. Koroneiki en cambio presentó producciones de tan solo 1561,67 kg/ha.

En rendimiento de aceite, destaca la variedad Koroneiki, que con 21,43%, presentó el valor más alto, 7 puntos por encima del resto de variedades, que entre ellas no mostraron diferencias significativas, con valores en torno a 14% (Tabla 6).

Con los valores de producción por hectárea y rendimiento se han obtenido los valores de Kg de aceite por hectárea. Los valores obtienen el mismo patrón de significancia que la producción por hectárea, ya que, aunque Koroneiki obtenga un valor mucho más alto de rendimiento, no consigue acercarse a los valores de producción de Arbequina y Sikitita (Tabla 6).

4.3. Calidad de aceite

4.3.1. Análisis físico-químico

Comportamiento varietal en los diferentes grados de madurez de la aceituna:

-Arbequina: en esta variedad, en la tabla 7 podemos observar diferencias significativas en el grado de acidez, el valor más bajo es para el grado 2 de maduración siendo el valor más alto en grado 6. Con respecto al potencial oxidativo el valor más bajo es para el grado 6, en grado 2 y 4 los valores son más altos y sin diferencias significativas entre ellos. En índices de peróxidos, no hay diferencias significativas entre las muestras obtenidas en grado 2, 4 y 6. En lo referido a espectrofotometría, no hay diferencias significativas entre los resultados obtenidos en K270, si los hay en K232.

-Arbosana: en Arbosana sólo se obtuvieron muestras en los grados de maduración 2 y 4, debido a su maduración lenta. No se encontraron diferencias significativas entre los distintos grados de maduración (Tabla 7).

-Koroneiki: mostró diferencias significativas entre grados de maduración 2, 4 y 6, siendo en grado 2 el valor más bajo con 0,296. Referente al potencial oxidativo, en grado de maduración 2 mostró un potencial de 17,07 horas a 120°C, bajando a 15,27 horas en grado 4 y 9,74 en grado 6. En índice de peróxidos, los resultados en grado 2 y 4 presentaron diferencias significativas frente a los resultados obtenidos en grado 6 de maduración. En los resultados obtenidos en los análisis de espectrofotometría no se muestran diferencias significativas (Tabla 7).

-Sikitita: en los resultados obtenidos en acidez, se observaron diferencias significativas del grado 2 y 4 frente al grado 6, obteniendo este último los valores más altos. En la prueba del potencial oxidativo, no se observaron diferencias significativas en el aceite obtenido de esta variedad. En el índice de peróxidos, se muestran diferencias significativas entre el grado 2 y 6, quedando entre estos dos los resultados del grado 4. En las pruebas de espectrofotometría no se observaron diferencias significativas ni en K232 ni en K270 (Tabla 7).

Tabla 7. Parámetros químicos de calidad del aceite, comparando las medias con sus respectivos errores estándar en distintos grados de maduración. Las letras en minúscula indican diferencias significativas con índice de significación $p < 0,05$ entre grados de maduración de la misma variedad. Las letras en mayúscula indican diferencias significativas con índice de significación $p < 0,05$ entre variedades en los grados de maduración 2 y 4.

		Acidez (% ácido oleico)	Potencial oxidativo (horas)	Índice de peróxidos (meq O ₂ /kg aceite)	K232	K270
Arbequina	2	0,150 ± 0,007 ^{aA}	11,26 ± 0,16 ^{bA}	3,81 ± 0,42 ^{AB}	1,97 ± 0,08 ^{abB}	0,101 ± 0,001
	4	0,198 ± 0,007 ^{bB}	10,92 ± 0,16 ^{bB}	4,20 ± 0,08 ^{BC}	1,71 ± 0,01 ^{aB}	0,095 ± 0,005
	6	0,264 ± 0,004 ^c	6,96 ± 0,10 ^a	5,70 ± 0,35	2,33 ± 0,1 ^b	0,105 ± 0,005
Arbosana	2	0,187 ± 0,003 ^B	12 ± 0,21 ^A	3,14 ± 0,20 ^{AB}	1,4 ± 0,06 ^A	0,13 ± 0,016
	4	0,239 ± 0,008 ^C	12,34 ± 0,3 ^C	3,37 ± 0,27 ^{AB}	1,65 ± 0,02 ^B	0,11 ± 0,013
Koroneiki	2	0,296 ± 0,007 ^{aC}	17,07 ± 0,13 ^{aB}	2,32 ± 0,05 ^{aA}	1,46 ± 0,04 ^A	0,115 ± 0,003
	4	0,374 ± 0,005 ^{bD}	15,27 ± 0,22 ^{bD}	2,96 ± 0,11 ^{abA}	1,31 ± 0,05 ^A	0,117 ± 0,006
	6	0,519 ± 0,004 ^c	9,74 ± 0,14 ^c	3,36 ± 0,21 ^b	1,41 ± 0,04	0,102 ± 0,006
Sikitita	2	0,123 ± 0,003 ^{aA}	12,04 ± 0,45 ^A	4,36 ± 0,26 ^{aB}	1,66 ± 0,01 ^{AB}	0,113 ± 0,005
	4	0,153 ± 0,004 ^{bA}	9,52 ± 0,24 ^A	5,17 ± 0,16 ^{abC}	1,63 ± 0,07 ^B	0,093 ± 0,004
	6	0,170 ± 0,002 ^b	5,05 ± 0,05	5,77 ± 0,22 ^b	1,97 ± 0,09	0,103 ± 0,006

Comparación entre variedades para cada nivel de madurez de la aceituna:

-Grado 2: en este grado de maduración se obtuvieron diferencias significativas en el grado de acidez, siendo los valores más bajos para las variedades Sikitita y Arbequina no mostrándose diferencias significativas entre ellas. La siguiente variedad más ácida fue Arbosana y por último la variedad con valores más altos fue Koroneiki. Referente al potencial oxidativo, no se observaron diferencias significativas entre las variedades Arbequina, Arbosana i Sikitita, pero si entre estas y Koroneiki, que mostró los valores más altos de potencial oxidativo (17,07 h). Observamos que en índice de peróxidos, Sikitita presenta los niveles más altos y Koroneiki los más bajos. En los resultados de la espectrofotometría, los valores de K270 para este grado de maduración no presentaron diferencias significativas. En los valores de K232, si hubo diferencias significativas, presentando Koroneiki y Arbosana los valores más bajos y Arbequina los valores más altos.

-Grado 4: en este grado de maduración se apreciaron diferencias significativas entre las 4 variedades en los valores de acidez, yendo de más alto a más bajo: Koroneiki (0,37), Arbosana (0,23), Arbequina (0,19) y por último Sikitita (0,15). También se observaron diferencias significativas en el potencial oxidativo en las 4 variedades, siendo como en el grado dos, el aceite de Koroneiki el que presentaba valores más altos de 15,27 h,

seguido de Arbosana con 12,34 h, Arbequina con 10,92 h y por último Sikitita con 9,52 h. En índice de peróxidos se observaron diferencias significativas, presentando Koroneiki los valores más bajos y Sikitita los valores más altos. En la prueba de espectrofotometría, en K232 se apreciaron diferencias significativas entre Koroneiki y el resto de variedades, teniendo Koroneiki los valores más bajos. En K270 no se aprecian diferencias significativas.

4.3.2. Análisis organoléptico

La cata se realizó el martes 5 de junio. Los aceites sin filtrar se encontraban almacenados en botellas de cristal de 200 ml almacenadas en oscuridad y a una temperatura de unos 20°C. A continuación, se muestran los resultados obtenidos para cada una de las variedades en los distintos grados de maduración.

Arbequina: la figura 2 muestra los resultados del panel de cata para esta variedad.

-Perfil general del aceite Arbequina en grado 2 de maduración: corresponde a un aceite virgen de tipo dulce, con un marcado frutado a aceituna madura y toques de manzana. Con niveles bajos en amargor, picor y astringencia. No se aprecian defectos. Nota global de 3,8.

-Perfil general del aceite Arbequina en grado 4 de maduración: corresponde a un aceite virgen de tipo dulce. Moderado frutado a oliva madura y almendra con toques de verde que recuerdan a hierba o alcachofa. Bajo en amargor y astringencia pero con un ligero picante. Persistencia corta. Nota global de 4,5.

-Perfil general del aceite Arbequina en grado 6 de maduración: no cumple con los requisitos para ser un aceite virgen extra, al presentar defectos de humedad/hongos, es un aceite plano si prácticamente sabor. Textura muy fluida. Nota global de 2,4.

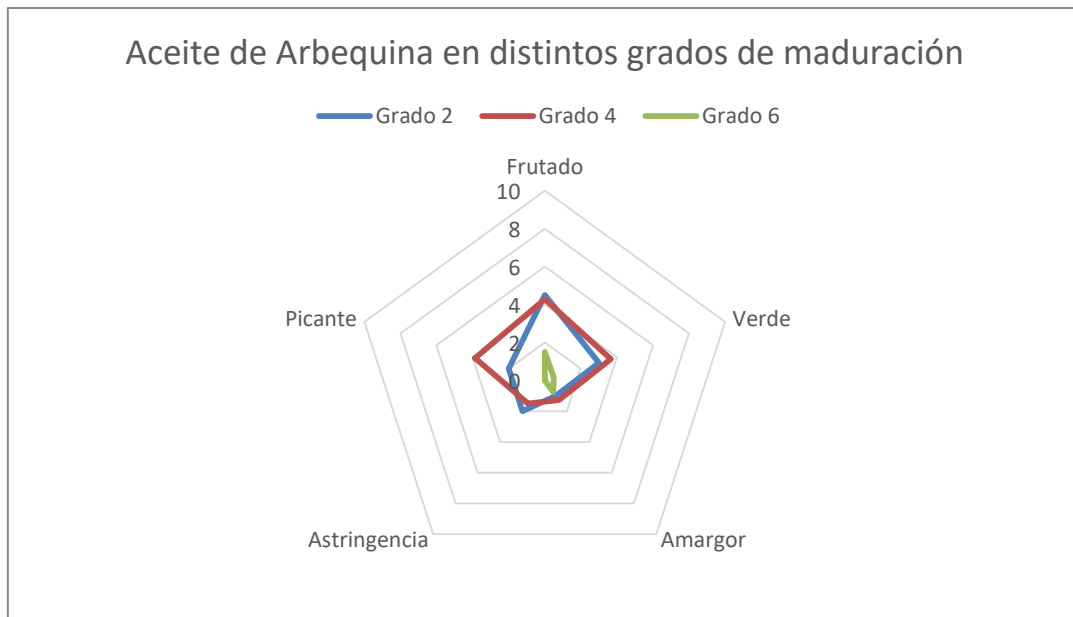


Figura 2: Organigrama sensorial de las muestras de aceite de la variedad Arbequina en los grados de maduración 2, 4 y 6.

Arbosana: la figura 3 muestra los resultados del panel de cata para esta variedad.

-Perfil general del aceite Arbosana en grado 2 de maduración: corresponde a un aceite virgen de tipo dulce, con un frutado que recuerda a plátano y almendra. Tonos de hierba verde. En boca presenta niveles muy bajos en amargor y astringencia y leves toques de picante. Aceite con baja intensidad, pero con una persistencia media en boca. Nota global de 5,6.

-Perfil general del aceite Arbosana en grado 4 de maduración: corresponde a un aceite virgen tipo dulce, con un frutado moderado a manzana y almendra con ligeros toques de verde de madera verde y hortalizas. En boca presenta bajos niveles de amargor astringencia y picante. Presenta una intensidad baja y persistencia media/baja. Nota global de 5,4.

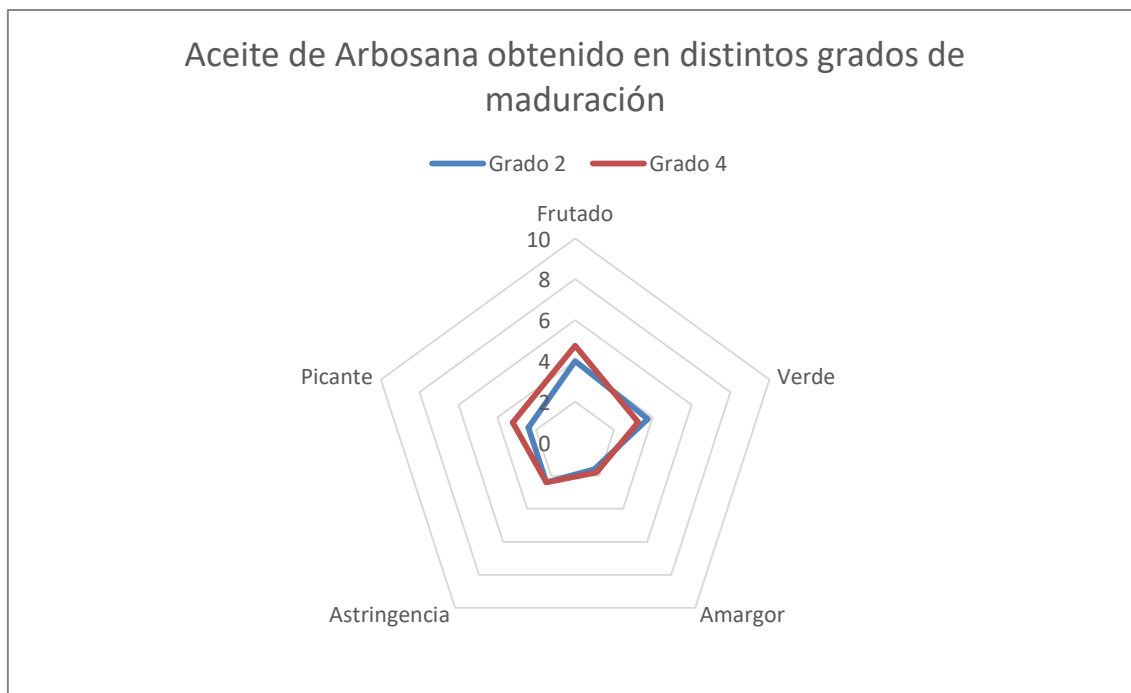


Figura 3: Organigrama sensorial de las muestras de aceite de la variedad Arbosana en los grados de maduración 2 y 4.

Koroneiki: la figura 4 muestra los resultados del panel de cata para esta variedad.

-Perfil general del aceite Koroneiki en grado 2 de maduración: Aceite muy aromático, moderados de frutado que recuerdan a aceitunas verdes y toques de madera verde y hortalizas. Es un aceite con fuerte carácter. En boca presenta un amargor medio y tonos moderados de picante. Aceite intenso y persistente. Nota global de 6,6.

-Perfil general del aceite Koroneiki en grado 4 de maduración: aceite virgen tipo dulce, con aromas marcados en frutados a aceituna madura y almendra y verdes que recuerdan a la hierba recién cortada. Armonía entre amargor picor y astringencia que le dan su carácter. Intensidad baja, pero con una persistencia moderada. Nota global de 5,4.

-Perfil general del aceite Koroneiki en grado 6 de maduración: aceite que no corresponde a un aceite virgen, al presentar defectos de humedad-hongos, lo cual también lo descalifica. Su nota global es de 1,25.

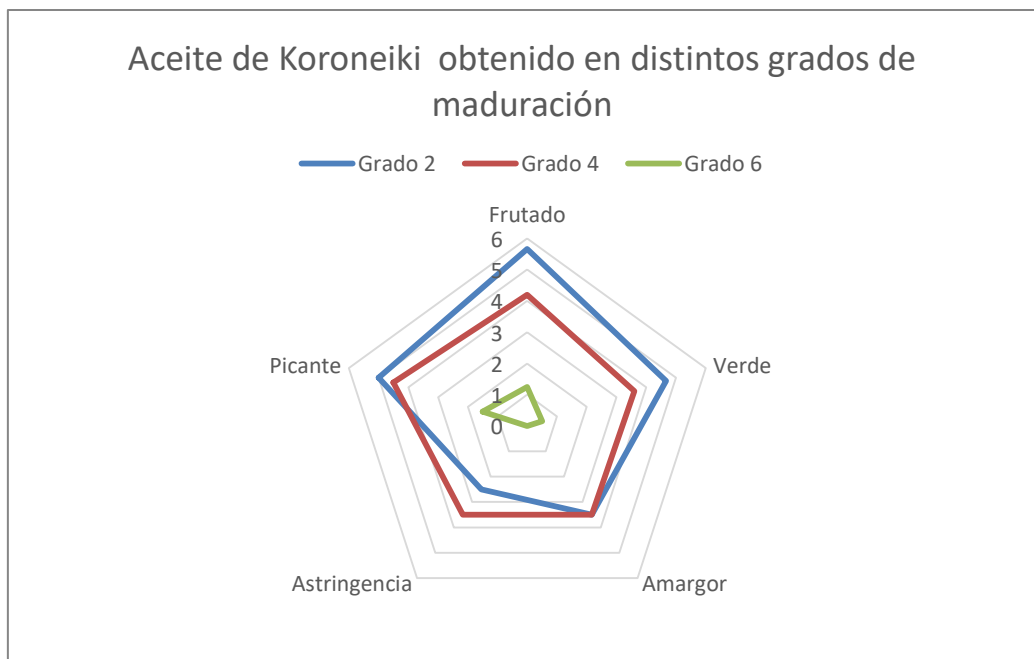


Figura 4: Organigrama sensorial de las muestras de aceite de la variedad Koroneiki en los grados de maduración 2, 4 y 6.

Sikitita: la figura 5 muestra los resultados del panel de cata para esta variedad.

-Perfil general del aceite Sikitita en grado 2 de maduración: aceite virgen de tipo dulce, con ligeros toques de frutado a plátano y almendra. No presenta amargor y el picante queda muy bien integrado. Aceite con baja intensidad y baja persistencia. Nota global de 6,1.

-Perfil general del aceite Sikitita en grado 4 de maduración: aceite virgen de tipo dulce, con ligeros toques de frutado que recuerdan al plátano y a la almendra. No presenta amargor, ni astringencia ni picor. Es un aceite muy fluido y de sabor muy suave. Aceite con baja intensidad y baja persistencia. Nota global de 3,6.

-Perfil general del aceite Sikitita en grado 6 de maduración: este aceite no cumple los requisitos de un aceite virgen al presentar defectos graves en presencia de hongos/humedades. Aceite muy fluido sin aromas ni sabores. Nota global de 1.

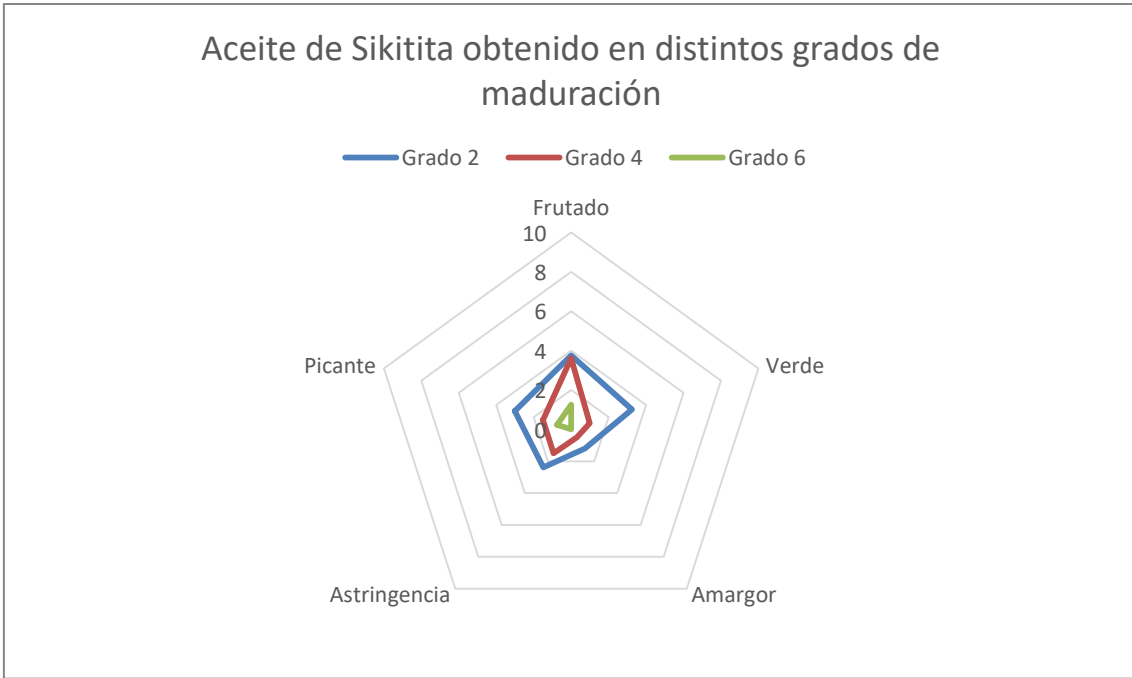


Figura 5: Organigrama sensorial de las muestras de aceite de la variedad Sikitita en los grados de maduración 2, 4 y 6.

Comparación organoléptica de los aceites entre variedades:

Las figuras 6 y 7 muestran los resultados de las distintas variedades en los grados de maduración 2 y 4 respectivamente.

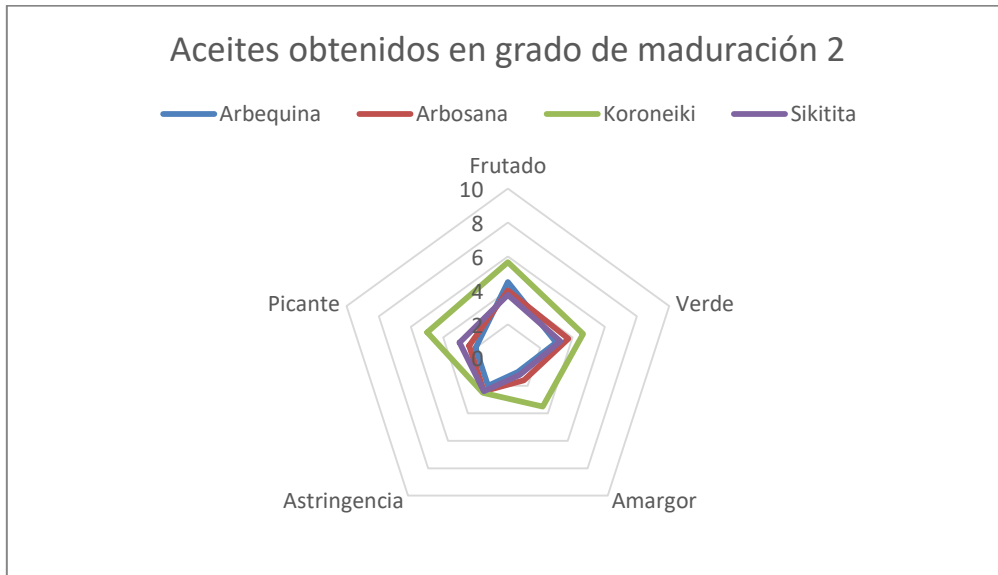


Figura 6. Análisis comparativo del perfil sensorial del aceite de las 4 variedades estudiadas en grado 2 de maduración.

Se aprecia como los aceites presentan perfiles muy similares en el grado de maduración excepto el aceite de la variedad Koroneiki que destaca sobre las otras, sobre todo en amargor y picor.

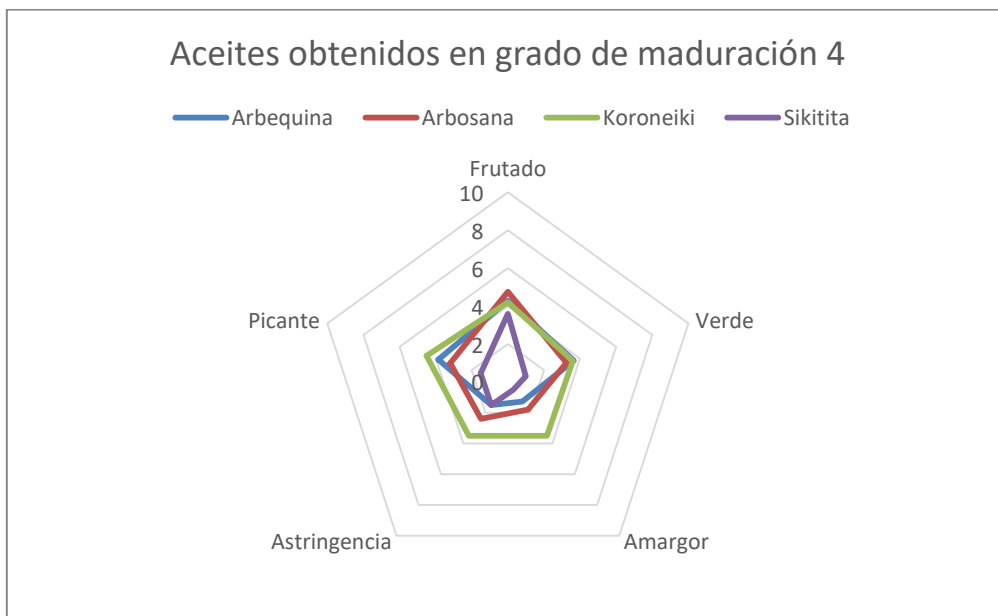


Figura 7. Análisis comparativo del perfil sensorial del aceite de las 4 variedades estudiadas en grado 4 de maduración.

Como se puede ver en la figura 7, en el grado 4 de maduración Sikitita presenta valores muy inferiores a los otros aceites. Por el contrario, el aceite de Koroneiki es el que presenta mayor grado de amargor y astringencia. Destaca Arbosana al tener valores en afrutados ligeramente superiores al resto.

Los resultados comparativos en grado de maduración 6 no se muestran debido a la baja calidad del aceite obtenido, ya que es un aceite plano y con defectos que lo descalifican como aceite virgen.

5. Discusión

Con la implantación del cultivo en superintensivo en seto, fueron muchas las dudas que surgieron sobre la adaptación de los árboles a este sistema y muchos los estudios realizados para ello (Rallo et al., 2008; Camposeo y Godini 2010). En nuestro caso, el estudio está basado en cuatro variedades que ya llevan años implantadas en esta tipología de cultivo. Existe escasa bibliografía especialmente de la variedad Sikitita, recientemente creada expresamente para esta tipología de cultivo en la universidad de Córdoba (León Moreno, 2007).

Un sólo año de recogida de datos no nos pueden dar una información contrastable, pero sí que nos pueden ser de gran ayuda para iniciar una investigación más profunda sobre la tipología de cultivo en superintensivo en seto de las variedades Arbequina, Sikitita, Arbosana y Koroneiki.

-Características morfológicas y de adecuación al sistema superintensivo

Según podemos ver en las fichas de caracteres morfológicos, la morfología de los árboles concuerda con las fichas descriptivas de las variedades que nos ofrecen los productores de patrones. No obstante, hay algunas diferencias apreciables. Las plantas en nuestras condiciones experimentales presentan vigores superiores a los descritos en otros artículos (Camposeo y Godini, 2010), a excepción de Sikitita. Esto podría ser debido a que los árboles no han sido podados en altura desde que se plantaron o bien a un excesivo riego y abonado nitrogenado.

También podemos observar que Arbequina y Koroneiki presentan hojas más grandes que las descritas en fichas de proveedores.

En cuanto a morfología del fruto, destacar la relación pulpa-hueso de las variedades Arbequina y Arbosana, que son algo inferiores a las observadas en otros artículos (Tous y Romero, 2003).

Otro parámetro que cabe destacar en la descripción del fruto de Sikitita, es que en las referencias consultadas, el fruto carece de mugrón (Rallo et al., 2008). En nuestro caso de los 15 frutos seleccionados aleatoriamente, 12 presentaban mugrón y 3 no. Esta característica podría ser un carácter juvenil de las plantas, o un cambio debido al ambiente.

-Comportamiento Agronómico

Los resultados mostraron un elevado vigor de las variedades Arbequina y Koroneiki, pero cabe mencionar que los árboles seleccionados nunca han sido podados en altura, tan sólo poda de ramas rotas después de la cosecha el segundo año. Las plantas de Son Mesquidassa de estas dos variedades presentan alturas y volúmenes de copa superiores a otras plantaciones experimentales de estas variedades (Proietti et al., 2014; Camposeo y Godini, 2010). En cambio, Arbosana presenta en nuestro caso un vigor menor a las referencias consultadas (Godini, Vivaldi, y Camposeo, 2011; Camposeo y Godini, 2010), junto a Sikitita (Rallo et al., 2008), de la cual sólo poseemos una referencia y se debe estudiar más su comportamiento debido a ser una variedad con muy pocos años en comercialización y a su reciente creación. Con estos

resultados, podemos afirmar que Sikitita y Arbosana son las dos variedades que se ajustan mejor a nuestras condiciones de cultivo superintensivo, con su marco de plantación de 1,5 x 4, aunque seguramente una poda de la parte superior nos dejaría Arbequina y Koroneiki con valores parecidos a los observados en otros estudios.

Arbequina presenta una producción por hectárea de 4568 kg/ha, inferior a la que se obtuvo en una plantación experimental en Tarragona, donde en plantas de la misma edad y marco de plantación 3 x 1,25 m se obtuvo una producción de 6727 kg/ha (Tous y Romero, 2003). Por otro lado, un estudio realizado en Italia, muestra como una plantación de Arbequina, el tercer año solo produce 2,5 kg/ha, a diferencia de este experimento donde se ha obtenido un resultado de 2,74 kg/ha si bien este mismo estudio muestra que a partir del tercer año la producción aumenta sobrepasando los 5 kg/árbol (Caruso et al. 2014). Otro estudio al norte de Túnez muestra como una plantación en superintensivo al tercer año sólo obtenía 2,03 kg por árbol (Larbi et al., 2011). En cuanto a rendimiento, obtiene un 14,24% en grado 4 de maduración, un resultado 0,5 puntos por debajo de la media en esta variedad según unos campos experimentales, en Córdoba donde el rendimiento al tercer año en Arbequina en superintensivo en seto oscila entre 12,8% y 16,9%, siendo la media de 14,85% (Pastor, Vega e Hidalgo, 2005). En otro estudio el rendimiento es mucho mayor al obtenido en este experimento, con 21,9% (Tous et al., 2011).

Arbosana ha sido la variedad más productiva, obteniendo un resultado de 3,99 kg por árbol y 6646,67 kg por hectárea. Estos resultados están en medio de los valores esperados en una plantación en superintensivo en el tercer año de producción, ya que Tarragona, con un marco de plantación más denso sólo se consiguieron 5348 kg /ha (Tous y Romero, 2003). Sin embargo, en otra plantación en Córdoba en el tercer año se alcanzó una producción superior a los 15000 kg/ha (De La Rosa et al., 2007). Si bien en otros estudios realizados al norte de Sicilia también fue la variedad más productiva comparada con Arbequina y Koroneiki, no llegó a los valores de 3,99 kg por árbol quedándose con 3,75 kg (Larbi et al., 2011). En cuanto a rendimiento, no hay diferencias significativas entre Arbequina, Arbosana y Sikitita, Arbosana obtiene un rendimiento de 14,24%, este valor está por debajo de los ensayos realizados por IRTA en Cataluña, donde se obtienen rendimientos de 19,8% (Tous et al., 2011) y en el sur de Italia rendimientos de 18,8% (Camposeo y Godini, 2010).

Koroneiki presenta la menor producción por árbol y por consiguiente por hectárea, con tan sólo 1591,57 kg/ha, muy por debajo de lo esperado. Por ejemplo, en una plantación de 3 años en Tarragona, se obtuvo una producción de 2708 kg/ha y el siguiente año, una producción de 6003 kg/ha (Tous y Romero, 2003). En otra plantación en Córdoba logró una producción de 20738 kg/ha (Tous et al., 2011). Por tanto, nuestra plantación no está produciendo lo esperado en nuestras condiciones. Si bien, en rendimiento de aceite por quilo de aceituna está en torno a los valores esperados, ya que obtenemos un 21,43% siendo la variedad con mayor rendimiento del experimento. En otras explotaciones en superintensivo se han obtenido resultados similares, como el caso de las plantaciones experimentales de IRTA que obtuvieron de media un rendimiento de 22,9% (Tous et al., 2011). En el sur de Italia con la misma variedad sólo se obtuvo un 15% de rendimiento (Camposeo y Godini, 2010). Aún con este rendimiento, se queda

en el último lugar en cuanto a kg de aceite por ha. Con todo esto, podemos decir que esta variedad, aunque produce aceitunas de muy buena calidad no se ha adaptado bien a esta plantación.

Sikitita presenta una producción muy similar a Arbequina con 4503 kg/ha aunque con algo menos de rendimiento con 13,3%. Sólo se ha encontrado una referencia en cuanto a su producción, que indica que produce 7,8 kg por árbol durante el tercer año de su plantación (Rallo et al., 2008), si bien nuestros datos muestran un resultado inferior con tan sólo 2,7 kg. Este mismo estudio demuestra que Sikitita obtiene unos valores de rendimiento de aceite de $19,1 \pm 0,4\%$, muy superiores a los obtenidos en el presente estudio (13,37%).

Los resultados mostraron que la variedad que más aceite produce por hectárea en estas condiciones es Arbosana. Además, al presentar un menor volumen de copa, también podemos considerar que es la variedad con mejor eficiencia productiva (Tous y Romero, 2003), sólo es superada por Arbequina, pero en nuestro caso no es así. Koroneiki aun teniendo un rendimiento muy superior en aceite por quilo de aceituna, es la variedad que menos produce en nuestras condiciones. Esta baja producción unida al alto vigor que presenta, promueve que sea la que menos se adecua al cultivo en seto y no la consideraríamos apta para nuestra plantación.

No podemos sacar conclusiones claras sobre Sikitita, ya que si bien obtiene un buen valor en producción manteniendo un vigor muy reducido, la bibliografía nos dice que su vigor podría aumentar (Rallo et al., 2008). Por tanto, se deberá hacer el seguimiento durante unos años para ver como evolucionan tanto el vigor como la producción.

-Calidad de aceite:

Los parámetros físico-químicos nos indican que todos los aceites obtenidos cumplen con la normativa para que sea aceptados como aceites virgen extra según el consejo oleícola internacional (Consejo oleícola internacional, 2016). No obstante, estos parámetros no son suficientes para ser considerado un aceite virgen extra según el COI, y deben superar los parámetros organolépticos.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que se produce un empeoramiento en los valores en cuanto aumenta el grado de maduración de cada variedad. Este deterioro es el esperado debido al cambio que sufre la aceituna al madurar y a la pérdida de sus componentes volátiles que le dan estabilidad y reducen su acidez cuando están verdes (Rotondi et al., 2004; García, Sellar y Pérez-Camino, 1996). Arbosana parece ser que es la variedad que mejor conserva las características físico-químicas aun aumentando el grado de maduración, no encontrándose diferencias significativas entre los dos grados de maduración estudiados.

Entre variedades, Koroneiki presenta un nivel de estabilidad oxidativa mayor tanto en grado de maduración 2 como en 4 frente a las demás variedades. Esto le confiere una ventaja sobre las demás en tema de conservación. Arbequina y Sikitita tienen un mismo patrón de evolución de la estabilidad oxidativa, siendo las variedades que menor tiempo permanecen sin oxidarse (Rallo et al., 2008). Arbosana, presenta

valores de estabilidad oxidativa sin diferencias significativas entre los dos grados de maduración estudiados. En la prueba de espectrofotometría, Koroneiki obtiene los valores más bajos de K232, otro factor relacionado con la estabilidad del aceite y que le confieren esta estabilidad tan grande y destacando sobre las otras (Stefanoudaki et al., 2001). Por otro lado, Sikitita y Arbequina presentan los valores más altos de espectrofotometría, que concuerda con los valores obtenidos de estabilidad oxidativa. En K270, que es empelado para detectar productos de oxidación secundaria, no se han encontrado diferencias significativas ni entre variedades ni entre estados de maduración de una misma variedad, eso nos indica la buena conservación de dichos aceites.

Por tanto, según los parámetros físico-químicos, la mejor variedad para conservación del aceite es Koroneiki. No obstante, la variedad que mejor preserva sus cualidades químicas a medida que avanza el grado de maduración es Arbosana, lo que favorece una recolección más espaciada en el tiempo sin cambiar las características del aceite de forma significativa.

Como se ha comentado, estos parámetros físico-químicos no son suficientes para otorgar la categoría de aceite virgen extra, ya que tras superar los parámetros físico-químicos deben cumplir una serie de caracteres organolépticos que se pueden ver en la tabla 8.

Tabla 8. Parámetros organolépticos para clasificación de aceites.

Aceite Virgen Extra	Aceite Virgen	Aceite lampante
Media de frutado > 0	Media de frutado > 0	Media de frutado = 0
Media de defectos = 0	Media de defectos ≤ 2,5	O media de frutado >0 y mediana de defectos > 2,5

En cuanto a parámetros organolépticos, se puede apreciar un notable descenso de calidad del aceite entre los grados 2 y 4 y el 6, siendo este último un aceite de mala calidad. Entre los grados 2 y 4 las diferencias no son significativas, a excepción de la variedad Sikitita donde los valores de verde, amargor y picante disminuyen considerablemente en el grado 4.

La variedad que presenta un mayor carácter es la variedad Koroneiki, con notas de frutado y verde elevadas. En una evaluación llevada a cabo en Córdoba la evaluación sensorial de esta variedad fue muy parecida a la nuestra, destacando el picante, el amargor y el frutado sobre las otras características (Tous et al., 2011). Las otras variedades en grado 2 de maduración presentan valores muy similares, aunque ligeramente inferiores como ya se puede apreciar en otros estudios, si bien nuestras aceitunas presentando tonos más dulces a los de las referencias consultadas (Tous et al., 2011). Ninguno de los aceites evaluados presenta defectos.

En grado 4 de maduración Sikitita se separa de las otras, siendo el aceite con menor carácter en cuanto a frutados, si bien no tenemos referencias de esta variedad en distintos puntos de maduración. En cambio, Koroneiki mantiene muy bien sus atributos y sigue siendo el aceite con mejor valoración en ese grado, aunque muy igualado con Arbosana. Si bien, estos aceites debido a la tipología de la recolección presentan

muchos menos defectos que olivas más maduras recogidas manualmente o con métodos de recolección más agresivos(Pastor, Vega, y Hidalgo, 2005)

En general, los perfiles de los aceites procedentes de olivares superintensivos en seto presentan menos defectos que los procedentes de olivos en plantaciones tradicionales, debido al punto de maduración que se recoge la aceituna y al trato que se le da a esta. Además, los olivares en superintensivo por lo general mantiene un mayor control sobre las plagas influyendo este factor en la calidad del aceite.

Los aceites en grado 6 de maduración carecen de interés, al ser aceites planos sin prácticamente sabor ni aroma. Son aceites muy fluidos y de color amarillo muy pálido casi transparente. Además, presentan defectos graves de hongos y humedad, aceituna sobremadurada, atrojado, etc., que los descalificarían como aceites vírgenes. Estos atributos negativos vienen dados por ser aceites procedentes de aceitunas pasadas de maduración, donde los procesos oxidativos y de pérdida de componentes volátiles son muy notables (Rotondi et al., 2004).

6. Conclusiones

Describir las variedades Arbequina, Sikitita, Arbosana y Koroneiki para analizar el efecto del ambiente y de la tipología de cultivo sobre la morfología de la planta y el fruto, el vigor y la producción de aceituna.

A excepción de Sikitita, las demás variedades presentan un vigor más elevado a lo previsto, desarrollando incluso hojas más grandes en el caso de Koroneiki y Arbequina, lo cual podría indicar un exceso de abonados y riegos o la no adaptación al sistema. Destaca en morfología del fruto la aparición de mugrón en Sikitita, no estando descrito este carácter en ninguna ficha. Esta propiedad podría ser debida al ambiente o a un carácter juvenil.

Estudiar el comportamiento agronómico de las variedades de aceituna Arbequina, Sikitita, Arbosana y Koroneiki en un cultivo superintensivo en seto en Mallorca.

Sikitita y Arbosana son las variedades que presentan mejor comportamiento agronómico, al tener un menor vigor y adaptarse mejor a los marcos de plantación estrechos. Además, Arbosana es la que ha dado mejor producción por hectárea. Arbequina a pesar de tener una buena producción, tiene un vigor superior a Arbosana y Sikitita. Koroneiki tiene un vigor demasiado elevado, además de presentar una baja producción de aceite, por lo que podemos decir que no se adapta a este sistema de cultivo en nuestras condiciones.

Evaluar el aceite de cada variedad físico-química y organolépticamente en distintos puntos de maduración para determinar cuál es el grado óptimo de recolección.

Arbosana es la variedad que mejor conserva las características químicas con la evolución del grado de maduración mientras que Koroneiki presenta la mayor estabilidad oxidativa, incluso en grado 4. El aceite de Sikitita, a medida que madura la aceituna, baja de forma muy considerable su estabilidad oxidativa, desaconsejándose la extracción de aceite de esta variedad en puntos elevados de maduración. Organolépticamente en todas las variedades se puede ver que los mejores resultados se obtienen con aceites de aceitunas más verdes, aunque Koroneiki y Arbosana se comportan de forma muy decente en aceites de grado 4 de maduración.

Comparar el aceite de las cuatro variedades en el grado 2 y 4 de maduración y ver cuál de ellas obtiene mejores resultados frente al análisis químico y organoléptico.

Todos los aceites cumplen para ser catalogados como “aceite virgen extra” en el análisis físico-químico y organoléptico en estos dos grados de maduración. En grado 2 los aceites presentan mejores atributos que en grado 4 en cuanto al análisis físico-químico y organoléptico se refiere. La mejor estabilidad oxidativa es para Koroneiki en los dos grados de maduración. Por contra Sikitita es la que presenta mejores valores de acidez en los dos grados de maduración. Koroneiki también presenta mejores valores en la cata, no obstante, en grado 4 de maduración Arbosana le iguala en nota total del aceite. El aceite de mejor valoración global correspondió a la variedad Koroneiki en grado 2 de maduración.

Bibliografía

Allalout, Amira; Krichène, Dhouha; Methenni, Kawther; Taamalli, Ameni; Oueslati, Imen; Daoud, Douja; Zarrouk, Mokhtar. “Characterization of Virgin Olive Oil from Super Intensive Spanish and Greek Varieties Grown in Northern Tunisia”. *Scientia Horticulturae*, 120: 77–83 (2009).

“Aproximación a los costes del cultivo del olivo” (2012). <http://www.eumedia.es/portales/files/documentos/AemoEstudioCostesOlivo2012.pdf> (8 de mayo, 2018).

Benito, Marta; Lasa, José Manuel; Gracia, Pilar; Oria, Rosa; Abenoza, María; Varona, Luis; Sánchez-Gimeno, Ana Cristina. “Olive Oil Quality and Ripening in Super-High-Density Arbequina Orchard”. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(9): 2207–20 (2013).

“Cálculo Del Índice De Madurez En Aceituna”. http://www.csrservicios.es/LABORATORIO/DESCARGAS/CALCULO_INDICE_DE_MADUREZ.pdf (20 de abril 2018).

Camposeo, Salvatore y Godini, Angelo. “Preliminary Observations about the Performance of 13 Varieties According to the Super High Density Oliveculture Training System in Apulia (Southern Italy)”. *Advances in Horticultural Science*, 24(1): 16–20 (2010).

“Caracteres utilizados en la descripción de las fichas varietales”, (2008). <http://www.mapama.gob.es/app/MaterialVegetal/docs/Caracteres%20Olivo.pdf> (3 de mayo, 2018).

Caruso, Tiziano; Campisi, Giuseppe; Marra, Francesco Paolo; Camposeo, Salvatore; Vivaldi, Gaetano Alessandro; Proietti, Primo; Nasini, Luigi. “Growth and Yields of ‘Arbequina’ High-Density Planting Systems in Three Different Olive Growing Areas in Italy”. *Acta Horticulturae*, 1057(October): 341–48 (2014).

“CEE_2568-91 analisis de Aceites.Pdf”. (1991).

“ ‘Chiquitita’: Una Nueva Variedad de Olivo Para Plantaciones En Seto” (2009). <https://www.phytoma.com/tienda/articulos-editorial/244-209-mayo-2009/3646-sikitita-una-nueva-variedad-de-olivo-para-plantaciones-en-seto> (12 de mayo, 2018).

Connor, David J.; Gómez-Del-Campo, Maria; Rousseaux, M. Cecilia; Searles, Peter S. “Structure, Management and Productivity of Hedgerow Olive Orchards: A review”. *Scientia Horticulturae*, 169: 71–93 (2014).

Cubero, Salvador y Penco, José Ma (2012). “Los Costes Del Cultivo Del Olivo”. http://www.besana.es/sites/default/files/estudio_costes_2012_0.pdf (18 de mayo, 2018)

De la Rosa, Raúl; León, Lorenzo; Guerrero, Nicolás; Rallo, Luis; Barranco, Diego. “Hedgerow Olive Orchards: Reality or Utopia?”. *Sociedade de Ciências Agrárias de Portugal*, 30(1): 546-551 (2007).

“D.O. Oli de Mallorca | Aceite de Mallorca”. <http://www.olidemallorca.es/es/aceite-de-mallorca/> (17 de mayo, 2018).

“Encuesta Sobre Superficies y Rendimientos Cultivos (ESYRCE). Encuesta de Marco de Áreas de España”. <http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/esyrce/> (18 de mayo, 2018).

Farhoosh, Reza; Niazmand, Razieh; Rezaei, Mitra; Sarabi, Mahboobe. “Kinetic Parameter Determination of Vegetable Oil Oxidation under Rancimat Test Conditions”. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 110(6): 587–92 (2008).

García-González, Diego L.; Tena, Noelia; Aparicio, Ramón. “Quality Characterization of the New Virgin Olive Oil Var. Sikitita by Phenols and Volatile Compounds”. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 58: 8357–64 (2010).

Gil-Garau, Jaume. “Efecte de la maduració en la qualitat de l'oli d'oliva”. *Treball de Fi de Grau Universitat de les Illes Balears* (2013).

Godini, Angelo; Vivaldi, Gaetano Alessandro; Camposeo, Salvatore. “Olive Cultivars Fi Eld-Tested in Super-High-Density System in Southern Italy”. *California Agriculture*, 65(1): 39-40 (2011).

Larbi, Ajmi; Ayadi, Mohamed; Ben-Dhiab, Ali; Msallem, Monji; Caballero, Juan M. “Olive Cultivars Suitability for High-Density Orchards”. *Spanish Journal of Agricultural Research* 9(4): 1279–86 (2011).

León Moreno, Lorenzo. “¿Chiquitita? Una Variedad para Olivares en Seto”. *Phytoma*, 190: 32–33 (2007).

Marcos, David. “La Variedad de Olivo Arbequina” (2010). www.variedadesdeolivo.com/reportages/La%20variedad%20arbequina,%20pasado,%20presente%20y%20futuro.pdf (25 de mayo, 2018)

Motilva-Casado, M. José; Romero-Fabregat, Ma Paz. “Experiència de l'Ús de l'Analitzador de Rendiment d'Olives Abencor En Docència i Investigació”. *Tecnologia i ciència dels aliments*, 5: 45–49 (2000).

Muñoz-Cobo, Miguel Pastor; Hidalgo-Moya, Juan Carlos; Vega-Macías, Victorino; Fereres-Castiel, Elías. “Viabilidad Económica de Plantaciones Superintensivas En Andalucía”. *Vida rural*, 238: 60-66 (2006).

Muñoz-Cobo, Miguel Pastor; Vega-Macías, Victorino; Hidalgo-Moya, Juan Carlos. “Ensayos En Plantaciones de Olivar Superintensivas e Intensivas”. *Vida rural*, 218: 30–40 (2005).

“Norma Comercial Aplicable a Los Aceites de Oliva y Los Aceites de Orujo de Oliva”. Consejo Oleícola internacional: 1–18 (2016).

“Nuevas Variedades Para Nuevos Olivares.” (2015). <http://www.interempresas.net/Grandes-cultivos/Articulos/135014-Nuevas-variedades-para-nuevos-olivares.html> (22 de mayo, 2018).

Oliver-Borràs, Josep. “Prospecció de l’olivera Mallorquina. Caracterització Agronòmica, Fenològica, Pomològica i Morfològica”. Treball Fi de Grau Universitat de les Illes Balears (2015).

Proietti, Primo; Nasini, Luigi; Reale, Lara; Caruso, Tiziano; Ferranti, Francesco. “Productive and Vegetative Behavior of Olive Cultivars in Super High-Density Olive Grove”. *Scientia Agricola*, 72(1): 20–27 (2014).

Rallo, Luis; Barranco, Diego; De la Rosa, Raúl; León, Lorenzo. “ ‘Chiquitita’ Olive”. *HortScience*, 43(2): 529–31 (2008).

Rotondi, Annalisa; Bendini, Alessandra; Cerretani, Lorenzo; Mari, Matteo; Lercker, Giovanni; Toschi, Tullia Gallina. “Effect of Olive Ripening Degree on the Oxidative Stability and Organoleptic Properties of Cv. Nostrana Di Brisighella Extra Virgin Olive Oil”. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52: 3649-54 (2004).

“SiAR MAPAMA”. <http://portal.mapama.gob.es/websiar/SeleccionParametrosMap.aspx?dst=1> (6 de mayo, 2018).

Stefanoudaki, Evangelina; Chartzoulakis, Kostas; Koutsaftakis, Aristidis; Kotsifaki, Fani. “Effect of Drought Stress on Qualitative Characteristics of Olive Oil of Cv Koroneiki”. *Grasas y Aceites*, 52(3–4): 202–6 (2001).

“Superficies y Producciones Anuales de Cultivos”. (2017). <http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/superficies-producciones-anuales-cultivos/> (18 de mayo, 2018).

Tous, Joan; Romero, Agustín; Hermoso, Juan Francisco; Ninot, Antonia. “Mediterranean Clonal Selections Evaluated for Modern Hedgerow Olive Oil Production in Spain”. *California Agriculture*, 61(1): 34–40 (2011).

Tous, Joan; Romero, Agustín; Olivé-Plana, José. “Plantaciones Superintensivas En Olivar-Comportamiento de 6 Variedades”. *Agricultura: Revista agropecuaria*, 851: 346–50 (2003).

“Variedades y Densidades de Plantación de Olivos En Seto - Redagícola Perú” (2017). <http://www.redagricola.com/pe/resultados-obtenidos-espana-huertos-plantados-ano-2000-2007-variedades-densidades-plantacion-olivos-seto/> (12 de mayo, 2018).

Vilar, Juan; Pereira, Jorge Enrique. “Informe ‘Caja Rural de Jaén’ Sobre Coyuntura para La Olivicultura Internacional. Campaña 2016/2017” (2017). http://www.expoliva.info/archivos/informe_caja_rural.pdf (17 de mayo, 2018).