

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFECTO DEL MOMENTO DE COSECHA EN LA CALIDAD DEL ACEITE DE
OLIVA DE LA VARIEDAD ARBEQUINA

por

Andrés Gervasio VILLARINO CABRERA
Claudio Bebel CABRERA CARNAL

TESIS presentada como uno de los
requisitos para obtener el título de
Ingeniero Agrónomo.

MONTEVIDEO
URUGUAY
2011

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. M.Sc. Alicia Feippe.

Ing. Agr. Phd. Mercedes Arias.

Ing. Agr. M.Sc. Alejandra Borges.

Fecha:

19 de diciembre de 2011.

Autor:

Andrés Gervasio Villarino Cabrera

Claudio Bebel Cabrera Carnal

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar al establecimiento “Olivos de Casupá” que abrió sus puertas para esta iniciativa y colaboró gentilmente durante su desarrollo. Cediendo un volumen importante de producción para beneficio del sector olivícola nacional.

A INIA Las Brujas, que a través de Alicia, Facundo, Alejandro y de todas las personas vinculadas directa o indirectamente a este trabajo manifestó siempre compromiso y apoyo para sacar adelante esta investigación.

A Mercedes que promovió nuestro vínculo con INIA como alumnos de la Facultad de Agronomía. A Alejandra que le dio significancia estadística a nuestro trabajo.

A nuestras familias que nos apoyaron siempre. En particular a nuestros hijos que renovaron nuestra fuerza para llegar a esta meta.

A nuestros compañeros de trabajo que nos ayudaron para que pudiéramos cumplir con las extensas jornadas de esta investigación.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PAGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E LUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1 EL OLIVO	2
2.1.1 <u>Clasificación botánica</u>	2
2.1.2 <u>Características generales de la especie</u>	2
2.1.3 <u>El olivo en el mundo</u>	3
2.1.4 <u>El olivo en Uruguay</u>	4
2.2 PARÁMETROS PRODUCTIVOS.....	5
2.2.1 <u>Fenología reproductiva</u>	5
2.2.1.1 Inducción y floración.....	5
2.2.1.2 Polinización y fecundación.....	6
2.2.1.3 Cuajado y abscisión de frutos.....	6
2.2.2 <u>Desarrollo y composición del fruto</u>	7
2.2.2.1 Bioquímica de la maduración de las aceitunas.....	8
2.3 EL ACEITE DE OLIVA.....	9
2.3.1 <u>El aceite de oliva y la salud</u>	9
2.3.2 <u>Clasificación de aceites de oliva</u>	10
2.3.2.1 Parámetros químicos de la calidad del aceite.....	12
2.4 ARBEQUINA.....	19
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	21
3.1 MATERIALES.....	21
3.2 MÉTODOS.....	21
3.2.1 <u>Parámetros evaluados</u>	22
3.2.2 <u>Extracción de aceite</u>	26
3.2.2.1 Aceite.....	27
3.2.3 <u>Análisis estadístico de los resultados</u>	28
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	29
4.1 CARACTERÍSTICAS DE LA FRUTA.....	29

4.1.1	<u>Índice de cosecha</u>	30
4.1.2	<u>Peso de fruto</u>	31
4.1.3	<u>Materia seca</u>	32
4.1.4	<u>Materia grasa</u>	33
4.2	<u>CARACTERÍSTICAS DEL ACEITE</u>	35
4.2.1	<u>Acidez</u>	35
4.2.2	<u>Índice de peróxidos</u>	36
4.2.3	<u>Absorbancia UV</u>	38
4.2.4	<u>Polifenoles totales</u>	41
4.2.5	<u>Ácidos grasos</u>	42
4.2.5.1	Ácido graso palmítico	42
4.2.5.2	Ácido graso palmitoléico	43
4.2.5.3	Ácido graso esteárico	44
4.2.5.4	Ácido graso oleico	45
4.2.5.5	Ácido graso linoleico	46
4.2.5.6	Ácido graso linolénico	47
4.2.5.7	Ácido graso araquídico	48
4.2.5.8	Ácido graso behénico	49
5.	<u>CONCLUSIONES</u>	51
6.	<u>RESUMEN</u>	53
7.	<u>SUMMARY</u>	54
8.	<u>BIBLIOGRAFIA</u>	55
9.	<u>ANEXOS</u>	61

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Ácidos grasos presentes en el aceite de oliva. Elaborado a partir del Codex Stan 33, FAO (1997).....	18
2. Rango admitido de proporciones de ácidos grasos (Codex Stan 33).....	19
3. Variedad Arbequina. Valores de índice de cosecha, peso de fruto, contenido de materia grasa y materia seca para cada fecha de muestreo.....	34
4. Variedad Arbequina. Valores de índice de peróxidos, acidez y contenido de polifenoles totales correspondientes a cada índice de cosecha.....	38
5. Variedad Arbequina. Valores de absorbancia a partir de diferentes índices de cosecha.....	40
6. Variedad Arbequina. Resultados obtenidos de la evolución de las proporciones de ácidos grasos en el aceite.....	50
Figura No.	
1. Triglicérido formado por una molécula de glicerol a la cuál se encuentran unidos tres ácidos grasos. Fuente: trigliceridosygrasasenergeticas.blogspot.com	13
2. Variedad Arbequina. Escala de color de piel y pulpa en relación a los estados de madurez (M) del 1 al 6 (Feippe, A; Ibañez F, INIA Las Brujas).....	23
3. Clasificación de las aceitunas por color.....	24
4. Muestra de fruta antes (a) y después de la molienda (b).....	25
5. Muestra a 105°C (a) y muestra seca (b)	25
6. Almazara experimental OLIOMIO MINI 50.....	26

7. Variedad Arbequina. Representación gráfica del análisis de componentes principales de las variables evaluadas en la fruta.	30
8. Variedad Arbequina. Evolución del índice de cosecha durante el período de evaluación.	31
9. Variedad Arbequina. Relación entre peso de fruto e índice de cosecha.....	32
10. Variedad Arbequina. Relación entre materia seca e índice de cosecha.....	33
11. Variedad Arbequina. Correlación entre materia grasa en base fresca e índice de cosecha.....	34
12. Variedad Arbequina. Representación gráfica del análisis de componentes principales de las variables evaluadas en el aceite.....	35
13. Variedad Arbequina. Variación de la acidez del aceite extraído a partir de aceitunas de diferentes muestreos y su correspondiente índice de cosecha.	36
14. Variedad Arbequina. Variación del índice de peróxidos del aceite extraído a partir de aceitunas de diferentes muestreos y sus correspondientes índices de cosecha.....	37
15. Variedad Arbequina. Variación de absorbancia a 270nm y 232nm del aceite extraído a partir de aceitunas de diferentes muestreos y su correspondiente índice de cosecha.....	39
16. Variedad Arbequina. Variación de valores de NK de los aceites obtenidos a partir de diferentes índice de cosecha.....	40
17. Variedad Arbequina. Variación del contenido de polifenoles totales en el aceite extraído a partir de aceitunas de diferentes muestreos y su correspondiente índice de cosecha.....	42
18. Variedad Arbequina. Variación del contenido de ácido graso palmítico del aceite en relación al índice de cosecha de las aceitunas.	43
19. Variedad Arbequina. Variación del contenido de ácido graso palmitoleico del aceite en relación al índice de cosecha de las aceitunas.....	44
20. Variedad Arbequina. Variación del contenido de ácido graso esteárico del aceite en relación al índice de cosecha de las aceitunas.	45
21. Variedad Arbequina. Variación del contenido de ácido graso oleico del aceite en relación al índice de cosecha de las aceitunas.....	46

22. Variedad Arbequina. Variación del contenido de ácido graso linoleico del aceite en relación al índice de cosecha de las aceitunas.47
23. Variedad Arbequina. Variación del contenido de ácido graso linolénico del aceite en relación al índice de cosecha de las aceitunas.48
24. Variedad Arbequina. Variación del contenido de ácido graso araquídico del aceite en relación al índice de cosecha de las aceitunas.....49
25. Variedad Arbequina. Variación del contenido de ácido graso behénico del aceite en relación al índice de cosecha de las aceitunas50

1. INTRODUCCIÓN

En Uruguay, el cultivo del olivo se conoce desde el siglo XIX pero su explotación fue disminuyendo hasta hacerse casi nula. No obstante existen registros de evaluaciones técnicas, realizadas por la Facultad de Agronomía en el año 1956, en las cuales se determinaron los valores aceiteros de diversas variedades, entre ellas Arbequina. Estas evaluaciones fueron referidas únicamente a la fruta y no a la calidad del aceite.

En ésta última década, la Olivicultura en nuestro país, ha experimentado un importante desarrollo, superando en área a cultivos tradicionales como la vid. Este rápido crecimiento fue a instancias de planes de negocios impulsados por inversiones privadas. Estas empresas basaron el manejo del cultivo en información generada en situaciones edafoclimáticas, algunas similares y otras diferentes a las nuestras. Dado que no existe formación técnica de los profesionales egresados en las últimas décadas y a su vez, por no ser un cultivo difundido, no existían las condiciones para atender la demanda tecnológica ante la nueva situación. Ello condujo a la instalación de módulos experimentales y a un jardín de variedades en INIA Las Brujas, así como el inicio de trabajos de tesis (Fagro/INIA) y la inclusión del olivo en el plan de investigación a mediano plazo por parte de INIA. A partir de allí, se plantearon estudios de fisiología vegetal, riego, prácticas culturales, bioquímica de la maduración y de la calidad de aceite a nivel nacional. En éste contexto, una de las principales preguntas surgidas fue cuando cosechar y con qué estado de madurez de aceitunas. La experiencia extranjera, es muy abundante en éste aspecto, pero si bien ofrece una referencia, no está adaptada a las condiciones locales. Un ejemplo de ello es la variedad Arbequina, que no logra los valores numéricos de índice de cosecha recomendados para otras regiones del mundo. Frente a ésta situación el presente trabajo tuvo como objetivo determinar el índice de cosecha de la variedad Arbequina capaz de garantizar la máxima productividad de aceite dentro de la categoría extra virgen.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 EL OLIVO

2.1.1 Clasificación botánica

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Orden: *Lamiales*

Familia: *Oleaceae*

Género: *Olea*

Especie: *Olea europaea L.*

La familia *Oleaceae* incluye árboles y arbustos de regiones tropicales y templadas. Dentro del género *Olea*, el olivo (*Olea europaea L.*) es la única especie con fruto comestible. Dentro de la especie se encuentran incluidos los olivos cultivados y los olivos silvestres (Guerrero, 2003).

2.1.2 Características generales de la especie

La especie *Olea europaea L.* es arbórea, de porte mediano, con diversidad entre variedades. Sus árboles presentan gran longevidad, pudiendo permanecer con capacidad productiva durante cientos de años. La copa es redondeada y en general densa. El tronco es grueso y la corteza de tonalidad gris. Existe una importante heterogeneidad morfológica entre plantas de diferentes cultivares, a su vez los diferentes manejos del cultivo aumentan la variación. No obstante ello el olivo se adapta a diferentes condiciones agroecológicas, debido a su gran plasticidad morfogenética (Rapoport, 2008). Su rusticidad conduce a que tengan un buen desempeño tanto en zonas muy áridas y con suelos de poca fertilidad, como también en zonas con suelos fértiles y buen

nivel pluviométrico (Guerrero, 2003). Las hojas son perennes, simples, de forma lanceolada y con bordes enteros. Pueden vivir durante dos o tres años aproximadamente por lo cual en un árbol coexisten hojas de diferentes edades. Las flores se presentan en racimos, con diez a cuarenta unidades, de tonalidad blanca, que se desarrollan a partir de yemas del crecimiento vegetativo del año previo a la floración. La polinización (anemófila) y la fecundación son necesarias para la formación del fruto comercial, no así el desarrollo del embrión, ya que se dan frutos con embriones abortados (Rapoport, 2008). Existen cultivares con diferente grado de autoincompatibilidad, haciéndose necesario, en dichos casos, la polinización cruzada (Guerrero, 2003).

El fruto del olivo es una drupa y recibe el nombre de aceituna. Es de color verde y generalmente evoluciona a negro durante la maduración (Guerrero, 2003). Presenta una sola semilla contenida dentro del endocarpio lignificado. El tamaño final del fruto es variable según el cultivar, condiciones climáticas y manejo del cultivo.

2.1.3 El olivo en el mundo

Según el Consejo Oleícola Internacional (COI), se han encontrado fósiles de hojas de olivo en depósitos del Plioceno, época geológica que comenzó hace 5,332 millones de años y terminó hace 2,588 millones de años, en Mongardino, Italia. En excavaciones realizadas en el norte de África se hallaron restos fosilizados en estratos correspondientes al Paleolítico Superior.

Al parecer la especie se originó en Asia Menor abarcando una amplia zona que incluye el sur del Cáucaso, Irán, la costa de Siria y Palestina (Albin y Villamil, 2003). Existen indicios de cultivos de olivos que se remontan 6.000 años y en el siglo VI A.C. ya estaba extendido por la cuenca del Mediterráneo.

Con el descubrimiento de América, el cultivo se introdujo desde Sevilla a las Indias Occidentales. En 1560 ya existían olivares en México, luego en Perú, California, Chile y Argentina. En Argentina existe una de las plantas traídas durante la Conquista, conocida como el viejo árbol de olivo de Arauco.

De acuerdo a Barranco et al. (2004), el 98 % de los olivos cultivados en el mundo se encuentran en la zona mediterránea. El total en el mundo asciende a 9.5 millones de hectáreas, con 960 millones de árboles. Datos más recientes, aportados por el COI, indican que en el año 2006 se alcanzaron las 10,371 millones de hectáreas en el mundo.

El volumen total de aceite de oliva producido a nivel mundial en el período 2009 - 2010 fue de 3.024.000 toneladas, de las cuales 2.245.500 corresponden a la Unión

Europea (UE.). El consumo mundial fue de 2.978.000 toneladas, con un consumo por parte de la UE de 1.882.000 toneladas (COI). Para este mismo período, las exportaciones de aceite a nivel mundial representaron aproximadamente un 22 % de lo producido, lo que correspondió a 673.000 toneladas. De esta cifra, 424.500 toneladas correspondieron a exportaciones de países de la UE, 110.000 a Túnez, 40.000 a Marruecos, 30.000 a Siria, 22.000 a Turquía, 19.000 a Argentina y 27.500 toneladas a otros países (COI). Entre los principales importadores de aceite de oliva en el mundo, según los datos del COI para la zafra 2009/ 2010, se destacan: Estados Unidos, con un volumen de 258.000 toneladas, seguido por UE con 109.000, Brasil con 50.500, Japón con 40.000, Canadá con 37.000 y Australia con 33.000 toneladas.

2.1.4 El olivo en Uruguay

En la descripción del Consejo Oleícola Internacional (COI) del sector olivícola en el mundo, en la sección referente a Uruguay se hace referencia a que las primeras plantaciones comerciales de olivos datan del siglo XIX. A mediados del siglo XX se implantó un área importante con 650 hectáreas en Paysandú y 100 hectáreas en Río Negro, en establecimientos que hasta ese momento eran exclusivamente ganaderos, reportando además que décadas más tarde fueron abandonados. En los últimos 10 años se ha mantenido un fuerte impulso en relación al cultivo que ha incrementado notablemente su superficie distribuida por todo el territorio nacional, con sistemas de producción modernos. Las principales variedades cultivadas son Arbequina, Picual, Barnea, Frantoio, Manzanilla y Leccino. Si bien se conoce su comportamiento en las zonas tradicionales de cultivo es necesaria su evaluación en las condiciones de nuestro país. Por ello, desde el año 2002 el Programa Nacional de Investigación en Producción Frutícola planteó dentro de sus objetivos la evaluación de estos cultivares conjuntamente con otros de reciente introducción en las estaciones experimentales INIA Las Brujas e INIA Salto Grande (Conde et al., 2010).

Uruguay se encuentra a una latitud similar a la principal región productora del mundo, la zona mediterránea, siendo la diferencia más importante el régimen pluviométrico. La zona del Mediterráneo se caracteriza por un clima seco, especialmente en verano. Mientras que en Uruguay ocurren lluvias más abundantes y distribuidas a lo largo del año. Si bien el olivo es muy sensible a excesos de agua en el suelo, se ha adaptado bien a las distintas regiones de nuestro país. No obstante es necesaria una correcta sistematización previa del terreno para optimizar el drenaje.

La producción nacional de aceite es aún incipiente ya que gran parte de los montes se encuentran en desarrollo y no han llegado a su nivel de plena producción. Estudios de mercado indican que el consumo de aceite de oliva en Uruguay irá

umentando y que existe un gran potencial de desarrollo del rubro lo cual estará ligado al crecimiento económico que tenga el país. En relación a la capacidad de procesamiento se dispone de diez almazaras nuevas operativas en el país. En base a que existe una importante proporción de los montes ya plantados que no han entrado en producción se estima que continuará incrementándose la capacidad de procesamiento (Villamil y Albin, 2006).

2.2 PARÁMETROS PRODUCTIVOS

2.2.1 Fenología reproductiva

Las plantas comerciales son propagadas vegetativamente, por lo cual no atraviesan por un período de juvenilidad, lo que hace que sean fértiles desde temprana edad. Esta característica determina homogeneidad, precocidad de los montes y la necesidad de manejarlos correctamente para lograr un desarrollo adecuado de las plantas previo a priorizar la producción. Una vez en producción, la cantidad y calidad de aceitunas cosechadas depende de las condiciones particulares de cada ciclo productivo.

Según Rallo y Cuevas (1998) en el olivo, el crecimiento de los brotes y el desarrollo de los frutos son fenómenos cíclicos. Mientras el crecimiento vegetativo se desarrolla en un año, el proceso de fructificación se extiende por dos temporadas consecutivas. En la primera, durante el verano, ocurre la formación de las yemas y su inducción floral, para luego pasar a un reposo invernal. En la segunda temporada, tras el reposo invernal, tiene lugar el desarrollo de las flores, la floración y el crecimiento y maduración de frutos.

2.2.1.1 Inducción y floración

Las yemas completan su crecimiento y desarrollo luego de seis semanas del inicio de su formación. Según Gucci y Cantini, citados por Fourment y Politi (2008) en el olivo, la inducción floral ocurre en el verano seis semanas después de plena floración. Las yemas reproductivas se localizan en el primer nudo apical y luego se sitúan en el cuarto o quinto nudo debido al crecimiento del brote portador. Luego de este período, la morfología de la yema no se modifica hasta la primavera siguiente (brotación), momento en que ocurre la diferenciación floral. Al igual que en los demás frutales, la presencia del fruto representa un factor inhibitorio de la inducción floral (Rallo y Cuevas, 1998). En esta especie puede darse un comportamiento de producción alternante, proceso

dependiente, entre varios factores, de la carga de fruta. Resultados más recientes, para Uruguay, mostraron que para variedades evaluadas en el otoño de 2010 se obtuvo un volumen importante de cosecha, lo cuál determinó una escasa floración en la primavera siguiente (Conde et al., 2010). La inducción floral se ve afectada también por cosechas tardías (Guerrero, 2003) con una consiguiente disminución en la cantidad de yemas de flor en el siguiente ciclo. Es a partir de la floración que macroscópicamente se observa una diferencia morfológica entre las yemas reproductivas y las yemas vegetativas. La brotación de las yemas reproductivas inicia el crecimiento y desarrollo de inflorescencias y flores. La temperatura durante los dos meses anteriores a la floración, es el principal factor determinante de la fecha en que ésta ocurra (Rallo y Cuevas, 1998).

2.2.1.2 Polinización y fecundación

En el olivo el transporte del polen hacia los estigmas de las flores es realizado por el viento (anemófila), lo que determina que las condiciones climáticas sean críticas para obtener un buen cuajado. El olivo es una especie preferentemente alógama, ya que presentan un mecanismo de auto incompatibilidad polen – pistilo que favorecería la fecundación cruzada (Rallo y Cuevas, 1998). Según Lavee, Morettini, citados por Porras Piedra et al. (1995) el grado de incompatibilidad que presentan determinadas variedades depende del clima y fundamentalmente de la temperatura, lo cuál puede ser una causa por la que el grado de compatibilidad sea variable entre años. Por lo tanto si bien algunas variedades pueden comportarse como auto fértiles, la utilización de polinizadores puede ser recomendable en zonas donde no se cuenta con información local en relación al comportamiento específico de determinadas variedades.

2.2.1.3 Cuajado y abscisión de frutos

El cuajado se puede definir como el desarrollo del ovario y/o los tejidos adyacentes inmediato a la floración y marca el comienzo del desarrollo del fruto (Westwood, 1982).

En la mayoría de los cultivares, generalmente se desarrolla un máximo de un fruto por inflorescencia (Porras Piedra et al., 1995). Flores que no fueron polinizadas o fecundadas caen. Desde la fecundación hasta 6-8 semanas inmediato a la plena floración ocurre la caída de una gran cantidad de frutos debido a que existe una fuerte competencia por asimilados, así como entre frutos y ovarios de flores sin fecundar. En años de alta floración y cosecha pueden llegar a caer entre un 96 % a un 99 % de las flores (Rallo y Cuevas, 1998).

2.2.2 Desarrollo y composición del fruto

Desde el punto de vista botánico, la aceituna está compuesta por tres tejidos principales (Barranco et al., 2004):

- Endocarpo: que corresponde al hueso o carozo, con una única semilla.
- Mesocarpo: que corresponde a la pulpa. Cuantitativamente es el tejido más importante con respecto a la acumulación de aceite.
- Exocarpo: o piel, el cuál está compuesto por la epidermis y la cutícula.

Si bien el olivo presenta similitudes fisiológicas con otros frutales, la aceituna, a diferencia de otras frutas acumula principalmente aceite, siendo muy bajos los niveles de azúcares. Al igual que otras drupas, el incremento del volumen del fruto se enlentece en el momento en que gran parte de los asimilados se destinan al endurecimiento del hueso. Por lo tanto, si bien no cesa la acumulación de materia seca, el crecimiento en volumen es coincidente con una curva doble sigmoide (Rallo y Cuevas, 1998).

En esta especie también se manifiesta la relación de que a mayor producción, el tamaño de fruto es menor. Tous et al. (1998), encontraron para la variedad Picual, una correlación negativa entre producción y peso del fruto, de $r = -0,87$.

En nuestras condiciones la floración se concentra en el mes de octubre (Conde et al., 2010). Luego del cuajado y de acuerdo a otros autores hay un rápido desarrollo, mediante el cuál el endocarpo alcanza su tamaño definitivo y se lignifica (endurecimiento de carozo). En ésta etapa el endocarpo representa aproximadamente el 80 % del volumen del fruto. Si bien la aceituna, en comparación con otros frutos, no alcanza niveles elevados de azúcares, es en este momento cuando éstos alcanzan su máximo nivel (Rodríguez de la Borbolla et al., citados por Gil Salaya, 2004). El mesocarpo, que hasta este momento aumento su tamaño por división y expansión celular, pasa luego a ser el responsable del crecimiento del fruto exclusivamente por la expansión de sus células y es principalmente en ellas que se da la síntesis y acumulación de aceite. Este proceso de expansión puede ser discontinuo dependiendo de las condiciones ambientales ya que la formación de aceite se ve fuertemente influenciada por la disponibilidad de agua durante verano y otoño. Árboles cultivados bajo condiciones de secano dan lugar a frutos de menor tamaño y con contenido graso más bajo que aquellos cultivados bajo condiciones de regadío (Ortega Calderón et al., 2004).

La acumulación de aceite comienza en forma de pequeñas gotitas en el protoplasma que van aglomerándose a medida que avanza la maduración (Zucconi et al.,

citados por Gil Salaya, 2004). Estudios realizados por Feippe et al. (2010) indican que los menores valores de contenido de aceite se registran en las frutas menos maduras, aumentando en los estados posteriores observándose un descenso en estados avanzados de madurez. Una vez culminada la segunda etapa de crecimiento del volumen del fruto también se detiene en forma notable la acumulación de aceite y en términos generales esto coincide con los cambios en la coloración del fruto (Barranco et al., 2004). Feippe et al. (2010) evidencian que en las variedades Arbequina, Frantoio y Picual, en frutos inmaduros el contenido de humedad de la fruta es mayor y la tendencia es a ir disminuyendo a medida que avanza la madurez, estando siempre afectado por las condiciones ambientales y prácticas culturales. Guerrero (2003) cita que en tanto los frutos permanecen en el árbol la calidad físico – química de su aceite se mantiene constante por un largo período después de la maduración. Mientras que se deteriora su calidad organoléptica, perdiéndose frutado y aromas. Según Barranco et al. (2004), en frutos totalmente desarrollados, la proporción de los diferentes tejidos del fruto y su composición, varían notablemente en función de la variedad, madurez del fruto y nivel de carga del árbol. La pulpa representa entre 70 – 90 % y posee 50 – 60 % de agua y 20 – 30 % de aceite. La semilla, un 2 – 3 % del fruto, posee en promedio 30 % de agua y un 27 % de aceite, y un alto contenido de proteínas entorno a 10 %. El hueso, constituido en un 70 % por polisacáridos (celulosa, hemicelulosa, lignina) representa entre 9 – 27 % del fruto. Los azúcares, principalmente glucosa, fructosa y sacarosa pueden representar hasta el 4 % de fruto en peso fresco. Polisacáridos un 4 %. Pectinas un 0,3 a 0,6 %. Proteínas un 1 a 3 %, al igual que los polifenoles.

2.2.2.1 Bioquímica de la maduración de las aceitunas

En la aceituna, a medida que avanza la maduración disminuye el nivel de clorofila y en menor medida los carotenoides, lo que se conoce como “maduración verde”. Lo que define el comienzo de envero es la acumulación de antocianinas, pigmentos flavonoides que confieren el característico color violáceo (Figura No. 2). Esta pigmentación se extiende desde el ápice del fruto hacia toda la epidermis, luego comienza a extenderse en profundidad en el fruto, pudiendo afectar toda la pulpa. El contenido de antocianina va aumentando para luego permanecer constante, descendiendo levemente en frutos sobremaduros. El contenido de compuestos fenólicos puede ser superior al 15 % en frutos jóvenes, durante el desarrollo del fruto ocurre un rápido descenso que se enlentece a partir del envero (Beltrán et al., 2005). También descende el contenido de tocoferoles (vitamina E) (Yousfi et al., 2006). En cuanto al perfil de ácidos grasos del aceite, se aprecia que durante la maduración el contenido de oleico (ácido graso mayoritario) se mantiene más o menos constante, y se aprecia una tendencia a la síntesis de ácidos grasos insaturados (Cuadro I) (Beltrán et al., 2000). El descenso del contenido de polifenoles (antioxidantes) y el mayor índice de insaturación

de los ácidos grasos son dos factores que conllevan a una disminución en la estabilidad oxidativa del aceite a medida que avanza la madurez de la fruta. Al avanzar la maduración se van perdiendo pigmentos, principalmente la clorofila, y también carotenoides (Mínguez-Mosquera et al., citados por Gil Salaya, 2004); por lo tanto el color del aceite extraído varía de un color verde intenso a un amarillo leve (Beltrán et al., 2000). Los antocianos citados anteriormente como los responsables del color morado de la fruta no afectan el color del aceite ya que no son solubles en él.

Las características organolépticas del aceite están directamente influenciadas por el nivel y características de los polifenoles contenidos en el y dado el descenso del contenido de estos compuestos a medida que avanza la maduración, fruta más madura nos otorgará aceites menos picantes y menos amargos (Beltrán et al., 2005).

2.3 EL ACEITE DE OLIVA

2.3.1 El aceite de oliva y la salud

Un número creciente de estudios señalan el valor nutricional del aceite de oliva, componente básico de la dieta mediterránea. Los efectos beneficiosos sobre la salud pueden atribuirse tanto a su alto contenido de ácido oleico como a la presencia de antioxidantes (Fitó, citado por Oliveras López, 2005).

Según Del Castillo Quesada et al. (2007), el aceite de oliva, rico en antioxidantes naturales (tocoferol, β carotenos), protege las moléculas y células del organismo de la oxidación y consecuentemente del envejecimiento y del desarrollo de enfermedades degenerativas como el cáncer y la arteriosclerosis. Una dieta rica en hidratos de carbono complejos y fibra, en la cuál la fuente grasa son principalmente ácidos grasos monoinsaturados disminuye significativamente los niveles en sangre de las LDL (lipoproteínas de baja densidad) y disminuye levemente los niveles de HDL (lipoproteínas de alta densidad) lo cual mejora la relación LDL/ HDL. Ello se asocia con un menor riesgo de padecer accidentes vasculares. A su vez se ha constatado otros efectos beneficiosos como la disminución de la presión arterial, la mejora en el metabolismo de glucosa, la disminución del riesgo de formación de coágulos en arterias y también un efecto antiagregante plaquetario similar al de los ácidos grasos omega 3.

Estudios sobre las poblaciones mediterráneas han encontrado correlación entre el consumo de aceite de oliva y la reducción del riesgo de patologías cardiovasculares (Mataix, citado por Oliveras López, 2005). Ello está asociado a la ingestión de ácidos

grasos monoinsaturados y polinsaturados esenciales lo cual mejora el perfil lipídico (Galli et al., 1999).

La importancia de la posición de las insaturaciones de los ácidos grasos para la alimentación humana radica en que el metabolismo humano no puede sintetizar ácidos grasos insaturados por lo cual los requerimientos de ellos deben aportarse con los alimentos ingeridos. El hecho de que el aceite de oliva sea una fuente de estos ácidos grasos es otro de los elementos que lo posicionan como un alimento sumamente valioso (FAO, 1997).

2.3.2 Clasificación de aceites de oliva

A nivel internacional existen estándares que uniformizan criterios en lo concerniente a la alimentación humana. Estos estándares son enumerados en lo que se conoce como Codex Alimentarius (del latín: "código de los alimentos"). Estos códigos, reconocidos por la Organización Mundial del Comercio, son formulados y actualizados por la Comisión del Codex Alimentarius. Es una comisión conjunta de la Food and Agriculture Organization (FAO) perteneciente a la Organización de Naciones Unidas (UN) y la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Uno de estos códigos, el Codex Stan 33 detalla los estándares para la elaboración y clasificación de aceites de oliva y aceites de orujo de oliva. De acuerdo al mismo existen tres conceptos fundamentales:

➤ El aceite de oliva

Es el aceite obtenido únicamente del fruto del olivo (*Olea europaea* L.) con exclusión de los aceites obtenidos usando disolventes o procedimientos de re-esterificación y de cualquier mezcla con aceites de otro tipo.

➤ Los aceites de oliva vírgenes

Son los aceites obtenidos del fruto del olivo únicamente mediante procedimientos mecánicos u otros medios físicos en condiciones, particularmente térmicas, que no produzcan alteración del aceite y que no hayan tenido más tratamiento que el lavado, la decantación, la centrifugación y el filtrado.

➤ El aceite de orujo de oliva

Es el aceite obtenido mediante tratamiento con disolventes u otros procedimientos físicos del orujo de oliva, con exclusión de los aceites obtenidos por procedimientos de reesterificación y de cualquier mezcla con aceites de otra naturaleza.

La clasificación anterior se amplía considerando otros atributos del aceite:

- Aceite de oliva virgen extra

Aceite de oliva virgen con acidez libre, expresada en ácido oleico, de no más de 0,8 gramos por 100 gramos y cuyas demás características corresponden a las estipuladas para esta categoría.

- Aceite de oliva virgen

Aceite de oliva virgen con acidez libre, expresada en ácido oleico, de no más de 2,0 gramos por 100 gramos y cuyas demás características corresponden a las estipuladas para esta categoría.

- Aceite de oliva virgen corriente

Aceite de oliva virgen con acidez libre, expresada en ácido oleico, de no más de 3,3 gramos por 100 gramos, y cuyas demás características corresponden a las estipuladas para esta categoría.

- Aceite de oliva refinado

Aceite de oliva obtenido de aceites de oliva vírgenes mediante técnicas de refinado que no provocan alteración en la estructura glicerídica inicial. Tiene una acidez libre, expresada en ácido oleico, de no más de 0,3 gramos por 100 gramos y sus demás características corresponden a las estipuladas para esta categoría.

- Aceite de oliva

Aceite constituido por la mezcla de aceite de oliva refinado y aceites de oliva vírgenes aptos para el consumo humano. Tiene una acidez libre, expresada en ácido oleico, de no más de 1 gramo por 100 gramos, y sus demás características corresponden a las estipuladas para esta categoría.

- Aceite de orujo de oliva refinado

Aceite obtenido a partir del aceite de orujo de oliva crudo mediante métodos de refinado que no provocan alteraciones en la estructura glicerídica inicial. Tiene una

acidez libre, expresada en ácido oleico, de no más de 0,3 gramos por 100 gramos y sus demás características corresponden a las estipuladas para esta categoría.

- Aceite de orujo de oliva

Aceite constituido por la mezcla de aceite de orujo de oliva refinado y de aceites de oliva vírgenes. Tiene una acidez libre, expresada en ácido oleico, de no más de 1 gramo por 100 gramos, y sus demás características corresponden a las estipuladas para esta categoría.

2.3.2.1 Parámetros químicos de la calidad del aceite

- Acidez

La acidez indica el nivel de ácidos grasos libres en el aceite. El principal componente del aceite de oliva al igual que los demás aceites y grasas vegetales y animales, son los triglicéridos. Estos están formados por un glicerol, (un trialcohol de 3 átomos de carbono) al cual se unen por enlace ester tres ácidos grasos (Figura No. 1). Estos enlaces pueden ser atacados por enzimas de la planta o de microorganismos y esto determina que se incremente la proporción de ácidos grasos libres, ya sea en la fruta o en el aceite extraído. La acidez del aceite se va incrementando a medida que avanza la maduración aunque no se den daños bióticos o abióticos en la fruta. Esto se debe a la acción de enzimas lipasas de la propia fruta intacta o en el proceso de extracción (Yousfi et al., 2006). La recolección de fruta del suelo, largas esperas para el procesamiento y la llegada de fruta dañada al procesamiento, pueden ser la causa de una alta acidez inicial (Ibañez, 2007).

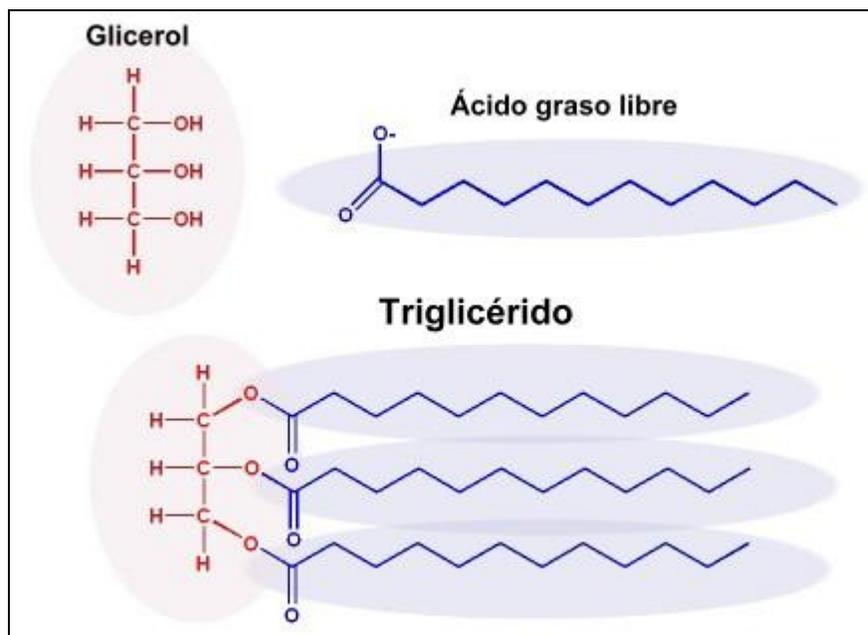


Figura No. 1. Triglicérido formado por una molécula de glicerol a la cuál se encuentran unidos tres ácidos grasos. Fuente: trigliceridosygrasasenergeticas.blogspot.com.

La acidez se cuantifica midiendo la cantidad de una base necesaria para neutralizar la acidez de un determinado volumen de aceite. En el valor se asume que todos los ácidos grasos libres son oleico y se expresa como porcentaje, o lo que es lo mismo, gramos de oleico cada 100 gramos de aceite.

Según el Codex Stan 33 los límites máximos de este parámetro para las diferentes clases de aceite son los siguientes.

Aceite de oliva virgen extra.	$\leq 0,8$ gramos/100 gramos.
Aceite de oliva virgen.	$\leq 2,0$ gramos/100 gramos.
Aceite de oliva virgen corriente.	$\leq 3,3$ gramos/100 gramos.
Aceite de oliva refinado.	$\leq 0,3$ gramos/100 gramos.
Aceite de oliva.	≤ 1 gramos/100 gramos.
Aceite de orujo de oliva refinado.	$\leq 0,3$ gramos/100 gramos.
Aceite de orujo de oliva.	≤ 1 gramos/100 gramos.

- Índice de peróxidos

Es un indicador del grado de oxidación inicial de un aceite, que implica la formación de hidroperóxidos a partir de ácidos grasos, los cuales tienen poder oxidante.

En procesos posteriores a partir de los hidroperóxidos se forman productos secundarios (aldehídos, ésteres, cetonas, alcoholes) y se utiliza la absorbancia UV como indicador. Estos procesos disminuyen la calidad sensorial y el valor nutricional del aceite. Los ácidos grasos son más inestables, o sensibles a oxidaciones, en la medida que tienen un mayor número de insaturaciones. Algunos metales presentan efectos catalizadores, siendo el cobre el de mayor efecto acelerador de las reacciones. Factores como temperatura, luz, enzimas, aireación, metales, microorganismos, y principalmente el oxígeno, favorecen la formación de peróxidos (Ibañez, 2007).

Según el Codex Stan 33 los niveles máximos admisibles de éste parámetro son los siguientes:

Aceites de oliva vírgenes	≤ 20	meq de oxígeno activo/kg de aceite
Aceite de oliva refinado	≤ 5	meq de oxígeno activo/kg de aceite
Aceite de oliva	≤ 15	meq de oxígeno activo/kg de aceite
Aceite de orujo de oliva refinado	≤ 5	meq de oxígeno activo/kg de aceite
Aceite de orujo de oliva	≤ 15	meq de oxígeno activo/kg de aceite

- Absorbancia UV

Cuando un haz de radiación atraviesa un determinado espesor de una sustancia, por ejemplo aceite, puede ser absorbido en diferente grado según la longitud de onda de que se trate y según las características del aceite. Esta capacidad del aceite se denomina absorbancia y se han determinado correlaciones entre ésta y diferentes características del aceite. En particular evaluando la absorbancia a determinadas longitudes de onda dentro del rango del ultra violeta podemos obtener información acerca de su calidad y estado de conservación.

La absorbancia a 232nm se encuentra correlacionada con el grado de oxidación. La absorbancia a 270nm estima el contenido de productos de oxidación secundaria. A su vez de las relaciones entre absorbancias en el entorno de 270nm se obtiene información que contribuye a evaluar factores como pureza, clase y genuinidad (Ibañez, 2007). La

absorbancia a 270 nm esta relacionada, además de con el estado oxidativo, con el color de los aceites, dando valores elevados los verdes y bajos los amarillos claros (Uceda y Hermoso, citados por Tous et al., 1997)

El Codex Stan 33 establece límites de absorbancia en el ultravioleta.

	Absorbancia a 270 nm	Delta K
Aceite de oliva virgen extra	$\leq 0,22$	$\leq 0,01$
Aceite de oliva virgen	$\leq 0,2$	$\leq 0,01$
Aceite de oliva virgen corriente	$\leq 0,30$	$\leq 0,01$
Aceite de oliva	$\leq 0,90$	$\leq 0,15$
Aceite de orujo de oliva refinado	$\leq 2,00$	$\leq 0,20$
Aceite de orujo de oliva	$\leq 1,70$	$\leq 0,18$

- Contenido de polifenoles

Los polifenoles son considerados antioxidantes naturales, cuyo mecanismo de acción es la eliminación de radicales libres. Estos compuestos detienen la reacción en cadena de los procesos de oxidación del aceite (Ibañez, 2007). Tienen incidencia sobre las características sensoriales del aceite como por ejemplo el amargor y picor, atributos considerados positivos al momento del análisis sensorial.

Los principales factores que afectan el contenido de polifenoles son la variedad, el manejo del cultivo, la época de recolección, las precipitaciones o riegos y las condiciones de extracción del aceite (Boskou, 2002). La variación del contenido de polifenoles está explicada en un 45.7% por la variedad, 17.4% por el momento de cosecha, 2.2% efecto año y 34.7% por la interacción entre estos factores (Uceda et al., 2008).

Se han comprobado variaciones en los contenidos de polifenoles y en la estabilidad de los aceites provenientes de diferentes zonas de producción, debido a condiciones edafoclimáticas distintas. También existe relación con el nivel de carga de fruta del árbol y con el grado de maduración de las aceitunas (Tous y Romero 1993, 1994, Romero et al., citados por Tous et al. 1997).

Tous et al. (1997), encontraron significativo el “efecto año” para el caso del contenido de polifenoles y la estabilidad de los aceites.

El contenido de polifenoles presenta un máximo que coincide con la mayor cantidad de aceite en la fruta descendiendo gradualmente a medida que progresa la maduración (Uceda et al., 2008).

Se determinó para la variedad “Hojiblanca” que además de las diferencias significativas entre años, el contenido de polifenoles disminuyó durante la maduración de la fruta en todos los años evaluados, y constataron una estrecha relación entre contenido de polifenoles y estabilidad del aceite (Beltrán et al., 2005).

- Perfil de ácidos grasos

Los aceites y grasas animales y vegetales están constituidos mayoritariamente por triglicéridos y éstos a su vez por glicerol y ácidos grasos. El glicerol es la unidad común en todos los tipos de triglicéridos por lo cuál las diferencias se deben a la diversidad de ácidos grasos.

Uceda y Hermoso, citados por Motilva et al. (2001), estudiaron la composición ácida en aceite de oliva virgen en varias zafas, épocas de recolección de las aceitunas y variedades. Los resultados obtenidos mostraron que el contenido en ácidos grasos tiene un fuerte componente varietal, puesto que más del 70 % de la variabilidad observada podía ser atribuida a dicho factor. También se constató el efecto año y con menor importancia la época de recolección.

Existen diferencias por variedades y mas notorias son entre especies, por lo cual, dentro de determinados límites, la composición de un aceite tiene valor taxonómico ya que nos otorga cierta información acerca de que organismo lo sintetizó. Esto toma especial relevancia sobre todo a la hora de detectar adulteraciones de aceites de oliva con aceites de otras especies.

La nomenclatura generalmente utilizada, indica inicialmente el número de átomos de carbono de la molécula, seguido por el número de dobles enlaces o insaturaciones. Por ejemplo el ácido oleico con 18 átomos de carbono y una insaturación, se representa como 18:1. El largo de la molécula de ácido graso, como el número de insaturaciones, definen las propiedades fisicoquímicas del aceite. Moléculas más grandes o más saturadas poseen puntos de fusión más altos. A su vez los dobles enlaces son más susceptibles a oxidaciones, entonces cuanto más insaturados son los ácidos grasos de un aceite, éste será más propenso a alterarse. A su vez, de presentar insaturaciones, es muy importante sobre todo del punto de vista nutricional, en que

posición se dan esas insaturaciones. En tal sentido se utiliza la expresión $\Omega 3$ para indicar que la insaturación más distante del extremo carboxílico está entre el carbono 3 y el 4 contando desde el metilo terminal. Retomando el ejemplo del ácido oleico a la expresión 18:1 debemos sumarle $\Omega 9$, resultando 18:1 $\Omega 9$. También se puede expresar como 18:1 (9) pero en este caso si no aparece la letra Ω la posición de la insaturación se considera contando desde el extremo carboxílico (FAO, 1997).

El análisis de la evolución del perfil de ácidos grasos de aceites comerciales de la denominación de origen protegida (DOP) “Les Garrigues”, con una proporción de arbequina de más de 95%, no encontraron diferencias entre los aceites de principio y final de temporada. Los mismos autores citan diversos trabajos de otros investigadores que han detectado diferencias significativas en la evolución del perfil de ácidos grasos, en particular reportando aumento de la proporción de ácidos grasos insaturados (Motilva et al., 2001). Durante la maduración disminuyen el ácido palmítico y el ácido linolénico al tiempo que aumenta el ácido linoleico. Atribuyen la escasa variabilidad constatada al hecho de que se trata de cosechas comerciales concentradas en el período noviembre-diciembre (Gutiérrez et al., citados por Motilva et al., 2001).

En el mismo sentido Uceda et al., citados por Uceda et al. (2008) señalan durante la maduración de la fruta una disminución del porcentaje de palmítico y un aumento de linoleico por lo cual dada la estabilidad del nivel de oleico disminuye la relación monoinsaturados / polinsaturados.

Tous y Romero, citados por Uceda et al. (2008) describen que en la variedad Arbequina la composición porcentual de ácido oleico puede variar desde 52% a 74% por la influencia del medio ambiente.

Los aceites provenientes de zonas más frías y de mayor altitud presentaron un contenido de ácidos grasos saturados inferior, mientras que aceites provenientes de zonas más calidas y septentrionales fueron más ricos en linoleico y palmítico (Tous et al., 1997).

Otro elemento importante cuando existen insaturaciones en los ácidos grasos es la estructura espacial de la molécula. Se denominan ácidos grasos insaturados cis cuando los átomos de hidrógeno unidos a los carbonos que participan en el doble enlace se encuentran hacia el mismo lado. Por el contrario cuando los átomos de hidrógeno se encuentran hacia lados diferentes estamos ante un ácido graso insaturado trans. La conformación trans es poco abundante en la naturaleza y mucho más frecuente en alimentos industrializados como las margarinas o productos horneados. La presencia de este tipo de ácidos grasos en la dieta se ha asociado, entre otras cosas, a mayor riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares (FAO, 1997).

Mediante el análisis de aceites de oliva se han determinado los principales ácidos grasos presentes, así como sus estructuras (Cuadro No. 1).

Cuadro No. 1. Ácidos grasos presentes en el aceite de oliva.

Nombre	Nº Carbonos	Nº Insaturaciones	Posición Insaturaciones	Tipo
Mirístico	14	0		
Palmítico	16	0		
Palmitoleico	16	1	7	Ω9
Margárico	17	0		
Margaroleico	17	1		
Estearico	18	0		
Oleico	18	1	9	Ω9
Linoleico	18	2	9 – 12	Ω6
Linolénico	18	3	9 - 12 – 15	Ω3
Araquídico	20	0		
Gadoleico	20	1		
Behénico	22	0		
Lignocérico	24	0		

Fuente: elaborado a partir del Codex Alimentarius (1981), FAO (1997).

Por otra parte el Codex Stan 33 establece los rangos admisibles de la proporción de los ácidos grasos presentes en el aceite de oliva (Cuadro No. 2).

Cuadro No. 2. Rango admitido de proporciones de Ácidos Grasos.

Ac. Graso	Aceite de oliva virgenes	Aceite de oliva aceite de oliva refinado	Aceite de orujo de oliva. Aceite de orujo de oliva refinado
C:14:	0,0 - 0,05	0,0 - 0,05	0,0 - 0,05
C:16:0	7,5 - 20,0	7,5 - 20,0	7,5 - 20,0
C:16:1	0,3 - 3,5	0,3 - 3,5	0,3 - 3,5
C:17:0	0,0 - 0,3	0,0 - 0,3	0,0 - 0,3
C:17:1	0,0 - 0,3	0,0 - 0,3	0,0 - 0,3
C:18:0	0,5 - 5,0	0,5 - 5,0	0,5 - 5,0
C:18:1	55,0 - 83,0	55,0 - 83,0	55,0 - 83,0
C:18:2	3,5 - 21,0	3,5 - 21,0	3,5 - 21,0
C:18:3			
C:20:0	0,0 - 0,6	0,0 - 0,6	0,0 - 0,6
C:20:1	0,0 - 0,4	0,0 - 0,4	0,0 - 0,4
C:22:0	0,0 - 0,2	0,0 - 0,2	0,0 - 0,3
C:24:0	0,0 - 0,2	0,0 - 0,2	0,0 - 0,2
Trans C:18:1	0,0 - 0,05	0,0 - 0,20	0,0 - 0,40
Trans C:18:2 + C:18:3	0,0 - 0,05	0,0 - 0,30	0,0 - 0,35

Fuente: elaborado a partir del Codex Alimentarius (1981)

2.4 ARBEQUINA

El nombre de esta variedad proviene de Arbeca, denominación de la principal zona de producción, la cual pertenece a la provincia de Lérida, ubicada en la comunidad autónoma Cataluña, España.

Según especifican Trentacoste y Puertas (2002) la variedad presenta hojas de forma elíptica - lanceoladas, de largo y ancho medios, y curvatura longitudinal de la lámina epinástica. Las inflorescencias son de longitud media y presentan un bajo número de flores por inflorescencia. El fruto es de forma esférica, ligeramente asimétrico, de ápice y base redondeados, con ausencia de pezón, con abundantes lenticelas de tamaño grande, peso medio de 1,60 gramos (Tous et al., 1998) a 1,90 gramos (Fourment y Politi, 2008). El carozo es de tamaño medio, de forma ovoidal, asimétrico, con el ápice apuntado y la base redondeada, de superficie rugosa y con un alto número de surcos fibrovasculares (Trentacoste y Puertas, 2002).

Es una variedad autofértil, pero la polinización cruzada estimula un mejor cuajado. Es considerada resistente al frío, susceptible a clorosis férrica en suelos con altos contenidos de calcio (Barranco, 2004). Su principal objetivo de plantación es la producción de aceite, ya que presenta una alta producción de fruta con un buen rendimiento graso promedio de 43.4 % sobre materia seca y una excelente calidad de aceite, aunque de baja estabilidad (Tous et al., 1998).

Estudios comparativos entre variedades indican que los árboles de Arbequina presentan un porte pequeño que se recomienda para plantaciones más densas (Conde et al., 2010) y son de hábito “llorón”, tienen una rápida entrada en producción (tercer año de la plantación), una mayor producción y más estable que el resto de las variedades estudiadas. En el ensayo de evaluación de variedades se ha encontrado que Arbequina es una de las variedades que presentan mayor eficiencia productiva (kg/m^3), además es menos vecera que el resto de las variedades estudiadas, característica que también fue señalada por Conde et al. (2010). Se caracteriza por tener una maduración de la fruta escalonada (Tous et al., 1998), principalmente cuando los árboles tienen mucha carga y por no alcanzar una pigmentación completa (Conde et al., 2010). Fourment y Politi (2008) observaron que durante la campaña en que llevaron a cabo el estudio, la variedad no alcanzó el índice de madurez por color de fruto de 3,5 registrado en la bibliografía extranjera para regiones mediterráneas al momento de cosecha. Similares resultados han sido reportados por Feippe et al. (2010).

En general se trata de una variedad que ha demostrado un comportamiento a campo muy adecuado a nuestras condiciones, brindando precocidad, eficiencia productiva con una estructura y vigor de planta adecuados. Todos estos atributos están posicionando, también en nuestro país, a esta variedad como una opción segura a la hora de producir fruta para la industria. Su aceite se destaca por su amabilidad, dulzor y suave frutado.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES

Para la realización de éste trabajo se utilizó la variedad Arbequina en el establecimiento “Olivos de Casupá”, ubicado en el Km. 113 de la ruta nacional n° 7, departamento de Florida, Uruguay (34°05’12’’ latitud sur, 55°38’45’’ longitud oeste, altitud 130 m.s.n.m.)

El ensayo fue realizado en otoño de 2010, sobre un monte de 3,75 hectáreas de la variedad Arbequina implantado en el año 2006. El marco de plantación es de 6 x 4,5 m, con una densidad de 370 plantas/ há. El cuadro presenta una fila de la variedad Picual cada cinco filas de Arbequina como forma de optimizar la polinización.

El suelo predominante es Brunosol sub-eutrítico, de textura franco – arenoso. Se trata de un suelo de fertilidad media, con un pH ácido (5,2) y un 2,9 % de materia orgánica (Anexo 1).

La zona se caracteriza por un paisaje ondulado, con pendientes medias. El cuadro donde se instaló el ensayo posee una pendiente promedio de 3,5% con ladera hacia el este.

La cosecha se realizó con un rastrillo vibrador Stihl impulsado por motor de combustión interna y mallas para recolección pertenecientes a INIA Las Brujas.

Las muestras de aceitunas se procesaron y analizaron en instalaciones de INIA Las Brujas. La extracción de aceite se realizó con un equipo Oliomio mini 50 de dos fases (Figura No. 10). El procesado y análisis de las muestras de aceitunas y de los aceites obtenidos, se efectuó con el instrumental de los laboratorios de fitoquímica y poscosecha de INIA Las Brujas.

3.2 MÉTODOS

El experimento fue conducido en la totalidad del cuadro antes detallado, realizándose nueve muestreos semanales y consecutivos, desde el 13 de abril hasta el 8 de junio del año 2010. Cada muestreo consistió en la cosecha total de la fruta proveniente de seis árboles seleccionados aleatoriamente. De cada cosecha se obtuvo un

promedio de 30 kgs considerado un volumen suficiente para su procesado en la almazara experimental. En los nueve muestreos realizados se cosechó la fruta de 54 árboles, que correspondieron aproximadamente el 4% de la fruta del monte. Del total de fruta cosechada en cada fecha se tomó una muestra de 200 frutos al azar para determinar el índice de cosecha (IC), peso de fruto, materia seca y materia grasa. La cosecha restante se utilizó para la extracción de aceite, el cual luego de obtenido se le aplicó un proceso de filtrado manual, obteniéndose las muestras para la determinación de su composición química.

3.2.1 Parámetros evaluados

Aceitunas

- Índice de cosecha

Este parámetro fue determinado de acuerdo al método desarrollado en la Estación Agronómica de Jaén, Israel, en base a la evaluación del color de la piel y pulpa de las aceitunas, valorándolo mediante una fórmula (Uceda y Hermoso, 1998).

Las frutas de cada muestra fueron clasificadas de acuerdo al color de piel y pulpa (Figura No. 3).

- Estado 0: Piel verde intenso.
- Estado 1: Piel verde amarillento.
- Estado 2: Inicio de envero. Piel con menos de 50% de coloración rojiza.
- Estado 3: Final del envero. Piel rojiza o morada en más de la mitad del fruto.
- Estado 4: Piel morada y pulpa blanca.
- Estado 5: Piel morada y pulpa morada sin llegar a la mitad.
- Estado 6: Piel morada y pulpa morada en más de la mitad.
- Estado 7: Piel morada y pulpa totalmente morada.

En la Figura No. 2 se muestra la escala elaborada por Feippe, A. e Ibañez, F. en la estación experimental INIA Las Brujas.

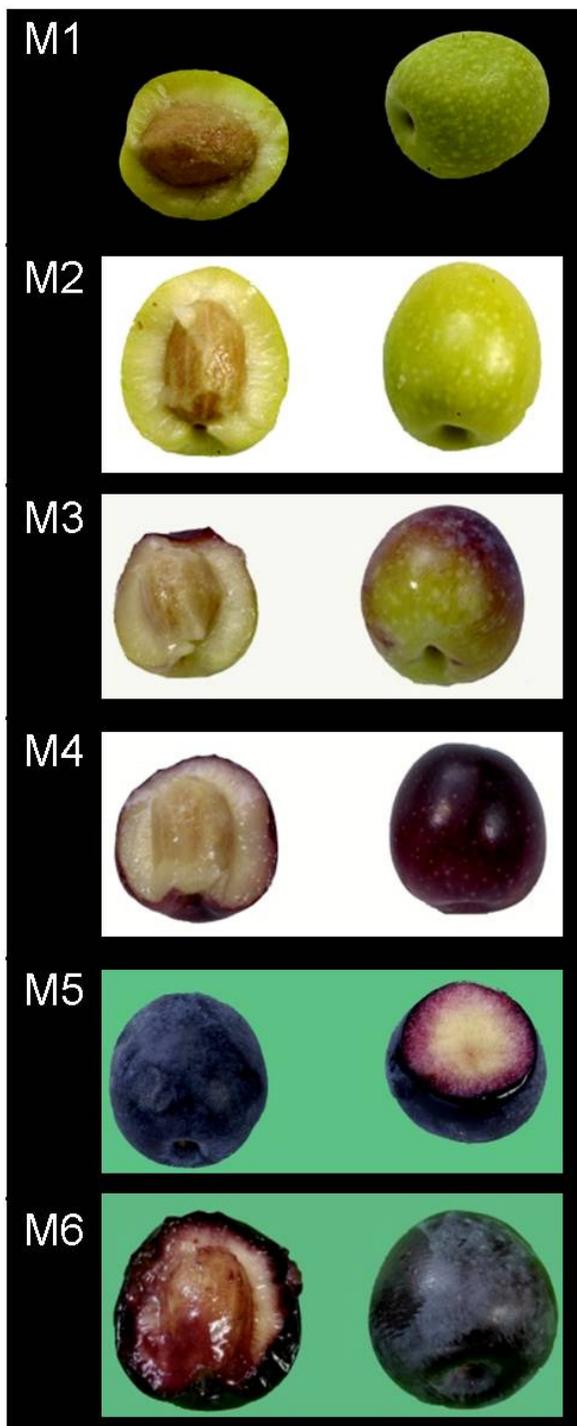


Figura No. 2. Variedad Arbequina. Escala de color de piel y pulpa en relación a los estados de madurez (M) del 1 al 6.



Figura No. 3. Clasificación de las aceitunas por color.

Luego de determinar la cantidad de frutos en cada estado de la muestra se sustituyen los valores en la fórmula:

$$\text{Índice de cosecha} = (Ax0+Bx1+Cx2+Dx3+Ex4+Fx5+Gx6+Hx7)/N^{\circ} \text{ de frutos.}$$

A, B, C, D, E, F, G, H = N° de frutos en cada estado de madurez.

- Peso de fruto

Para la determinación de este parámetro se utilizó una balanza de precisión.

El peso promedio de la fruta fue calculado de acuerdo a la relación peso de muestra/ total de frutos

- Materia seca y materia grasa

La determinación del porcentaje de materia seca y materia grasa fue realizada a partir de aceitunas recién cosechadas. Las frutas fueron trituradas obteniéndose una pasta homogénea (Figura No. 4). Desde este momento se prosiguió el proceso con dos repeticiones por muestra. Para cada repetición se tomó 20 gramos de pasta.



Figura No. 4. Muestra de fruta antes (a) y después de la molienda (b)

Cada muestra se colocó en estufa de aire forzado durante diez horas a 105°C. Fueron registrados los pesos de las cápsulas con las muestras antes y después del período de estufa (Figura No. 5).

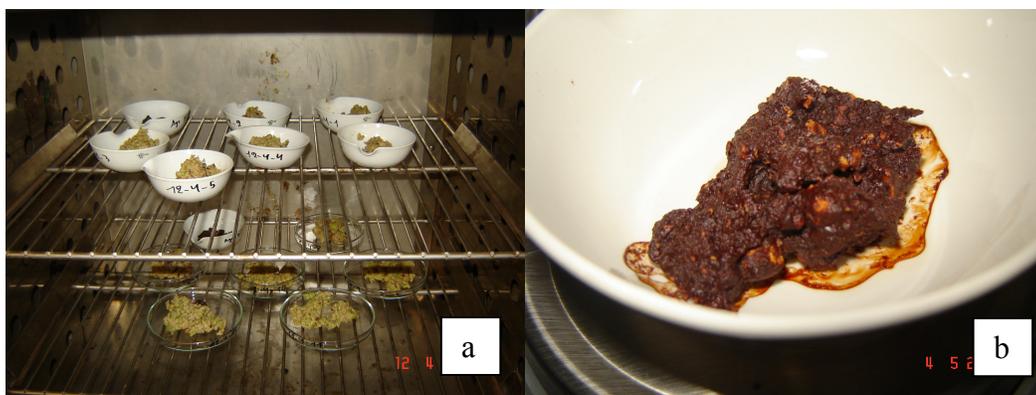


Figura No. 5. Muestra a 105°C (a) y muestra seca (b)

Luego del secado, cada muestra fue molida en mortero y se extrajo una porción de 8 - 10 gramos que fue colocada en pequeños sobres de papel de filtro, previamente pesados, para la posterior extracción de su materia grasa en un equipo Soxhlet. Luego de la extracción se eliminaron los restos de solvente en estufa y se pesó la muestra sin contenido de agua y aceite.

En base a los valores obtenidos en las etapas anteriores se calculó:

- Porcentaje materia seca (%MS):

$$(\text{Peso seco} / \text{Peso fresco}) \times 100$$

- Porcentaje materia grasa en base seca (%MG bs):

$$(\text{Peso desgrasado} / \text{Peso sin desgrasar}) \times 100$$

- Porcentaje materia grasa en base fresca (%MG bf):

$$[(\% \text{ MG bs}) \times (\% \text{ MS})] / 100$$

3.2.2 Extracción de aceite

La extracción del aceite se realizó con la almazara experimental disponible. Para cada Elaboración se utilizaron un mínimo de 30Kg de aceitunas. El proceso implicó las fases de molienda, batido durante 45 minutos y extracción por centrifugación (Figura No. 6).



Figura No. 6. Almazara experimental Oliomio mini 50.

3.2.2.1 Aceite

Las variables evaluadas a partir de las muestras obtenidas de los aceites, según normas ISO (Organización Internacional de Normalización) y COI (Consejo Oleícola Internacional), fueron índice de acidez, índice de peróxidos, absorbancia UV, compuestos fenólicos y perfil de ácidos grasos.

- Índice de acidez

Esta técnica se basó en la determinación de los miligramos de hidróxido de sodio necesarios para neutralizar los ácidos grasos libres presentes en un volumen de muestra disuelta en solvente, de acuerdo al protocolo de la Norma ISO 660:1996 (UNIT 1048:99). Los resultados obtenidos fueron expresados en gramos de ácido oleico cada 100g de aceite.

- Índice de peróxidos

Este índice es una medida del deterioro oxidativo del aceite y se define como la cantidad de peróxidos, expresados como milimoles de oxígeno activo por kilogramo de aceite que oxidan al yoduro de potasio bajo determinadas condiciones de trabajo. El yodo liberado de esta oxidación es titulado con una solución valorada de tiosulfato de sodio. Se tomó como referencia el protocolo de la norma ISO 3960:2001.

- Absorbancia UV

Para este análisis se utilizó un espectrofotómetro UV-vis, midiéndose la absorbancia del aceite disuelto en iso-octano a las longitudes de onda de 232, 266, 270 y 274nm. La medición de la absorbancia a estas longitudes de onda y el procedimiento de análisis se realizaron de acuerdo a la norma COI/T.20/Doc. No.19.

- Contenido de compuestos fenólicos totales

Para esta determinación se realizó la extracción con una mezcla metanol:agua en una proporción 80:20 respectivamente. El agregado del reactivo de Folin-Denis permitió el desarrollo de color. Sobre ésta última reacción se midió la absorbancia en un espectrofotómetro UV-vis a 760nm. Los resultados se expresaron como mg de polifenoles (equivalentes a ácido gálico) por kilogramo de aceite. Se utilizó el protocolo del laboratorio de acuerdo a Gutfinder (1981).

- Perfil de ácidos grasos

Previo a este análisis los ácidos grasos fueron derivatizados (trans-esterificación) formando ésteres volátiles de metanol en condiciones alcalinas. Luego se realizó una separación de los diferentes ácidos grasos (AG) presentes en el aceite por cromatografía gaseosa con detección de ionización de llama (FID), usando una columna semipolar. Se determinó la composición porcentual de 8 ácidos grasos. Se tomó como referencia el protocolo de derivatización de la norma COI/T. 20/Doc. No.24 2001. El análisis cromatográfico se realizó de acuerdo a lo establecido por la norma ISO 5508.

3.2.3 Análisis estadístico de los resultados

Se realizó un análisis de componentes principales (ACP) para poder sintetizar la información del conjunto de datos (fechas de cosecha) a partir de las variables medidas. Las variables se separaron en dos grupos y con cada uno se realizó un ACP. En ambos grupos se incluyó el índice de cosecha a los efectos de conocer cuánto incide esta variable en separar las fechas de cosecha y cómo se relaciona con las otras variables evaluadas:

- Variables medidas en campo: índices de cosecha, rendimiento por planta (kg/pl), materia grasa base fresca, materia grasa base seca, peso de fruto, materia seca.
- Variables medidas en laboratorio: índice de peróxidos, acidez, contenido de polifenoles, contenido de los ácidos grasos: esteárico, oleico, araquídico, palmítico, palmitoleico, linoleico, linolénico, behénico, absorbancia a 232 nm, 266 nm y 270nm.

Se calculó la correlación de Pearson existente entre:

- el IC y los parámetros medidos en planta y fruta
- el IC y todos los parámetros de calidad de aceite

Se realizaron análisis de regresión lineal entre variables de laboratorio y de campo en función del índice de cosecha, para ajustar modelos de respuesta de estas variables a medida que avanzó la madurez de la fruta, objetivo principal de este trabajo.

Para analizar la evolución del índice de cosecha en el tiempo se ajustó un modelo de regresión no lineal de Mitscherlich-Spillman, tomando como día cero el correspondiente a la primera fecha de cosecha. Para calcular un indicador del ajuste del modelo, se ajustó un modelo de regresión lineal entre los predichos por el modelo no lineal y los valores observados de IC y se calculó el coeficiente de determinación de este último modelo.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presentación de resultados y discusión de éste experimento se enfocarán el análisis de las diferentes variables relacionándolas con el índice de cosecha.

4.1 CARACTERÍSTICAS DE LA FRUTA

El análisis de componentes principales (ACP) de los parámetros medidos en fruta mostró que los dos primeros componentes explican el 82 % de la variación total (Anexo 2).

Dicho método de análisis evidenció que el índice de cosecha está asociado al porcentaje de materia grasa y peso de fruto. Valores más altos en estos parámetros se asociaron a fechas de cosecha mas avanzadas.

La proyección de la variable carga de fruta por árbol (Kg/planta) mostró como en plantas con mayor número de frutos, los valores numéricos de los índices de cosecha, fueron inferiores, con frutos más pequeños y con menor tenor graso. Dicho retraso en la madurez con altas cargas de fruta por árbol ha sido anteriormente citado por Conde et al. (2010).

La variable materia seca es la que explica fundamentalmente al eje 2, el cual discrimina las fechas verticalmente. En las fechas ubicadas mas arriba el contenido de materia seca fue más alto de las que están por debajo. En particular el 8 de junio fue la fecha en que se registró el menor tenor de materia seca (Figura No. 7).

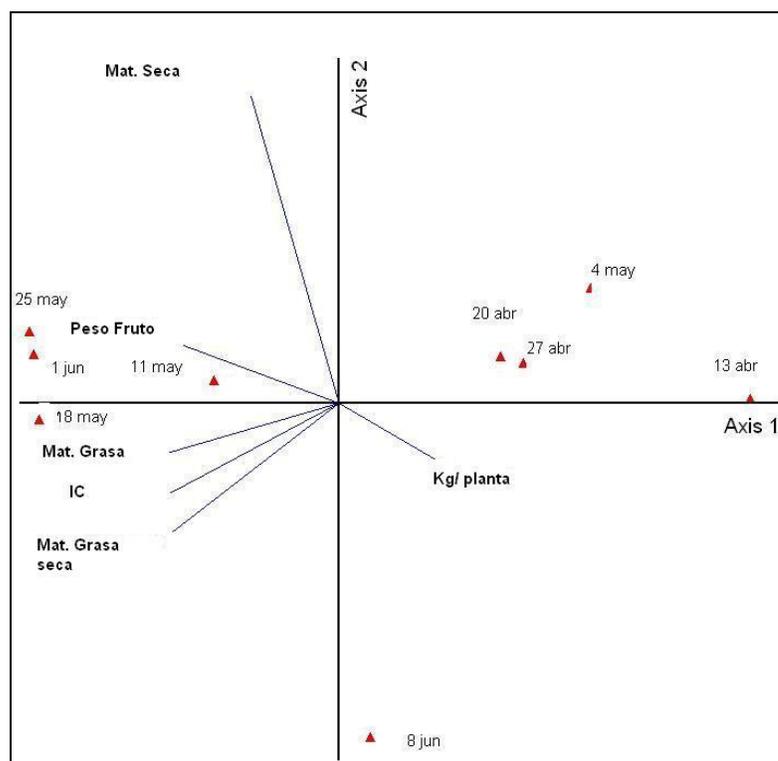


Figura No. 7. Variedad Arbequina. Representación gráfica del análisis de componentes principales de las variables evaluadas en la fruta.

4.1.1 Índice de cosecha

En la Figura No. 8 se muestra la evolución del índice de cosecha en función de la fecha de cosecha. Dicha evolución se ajusta en forma significativa a una curva Mitscherlich – Spillman. El ajuste de los valores predichos por este modelo con los valores observados fue muy alto, presentando un R^2 (coeficiente de determinación) de 0,95.

Puede observarse que la evolución de la toma de color se estabiliza al final del período con un valor observado máximo de 2,62. Este comportamiento en la madurez de la fruta ha sido reportado en Arbequina por diferentes autores. En comparación con otras variedades el incremento del índice de cosecha es más lento y se estabiliza a valores inferiores (Tous et al. 1998, Fourment y Politi 2008). Independientemente de las características de la variedad, un factor determinante de la evolución del color, es la carga de fruta que presente la planta (Tous et al. 1998, Feippe et al. 2010).

Un factor observado fue la caída de fruta, principalmente al final del período estudiado. Este fenómeno afectó en mayor medida a la fruta mas madura, lo cual sumado a las características varietales reportadas, estaría contribuyendo a la estabilización del índice de cosecha.

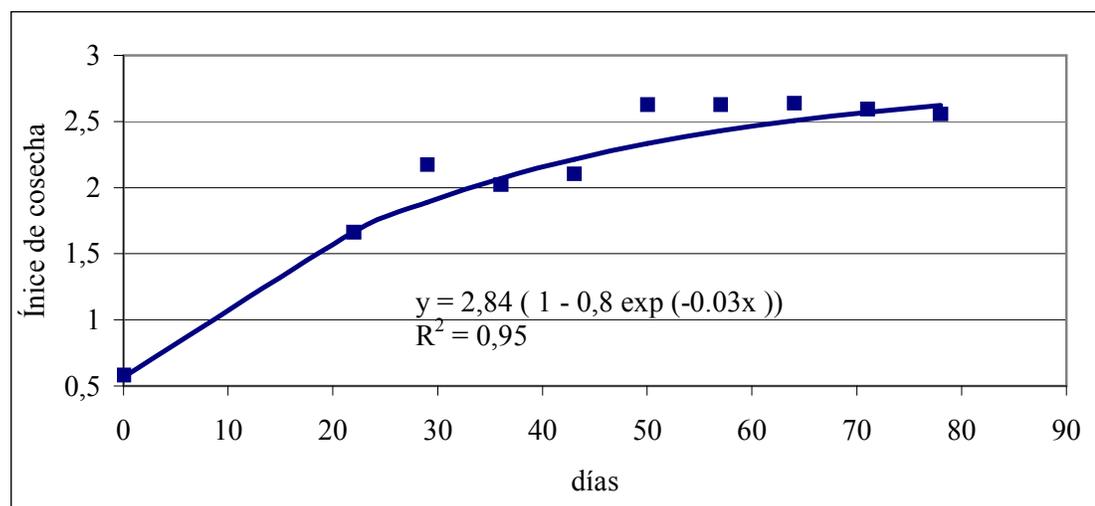


Figura No. 8. Variedad Arbequina. Evolución del índice de cosecha durante el período de evaluación.

4.1.2 Peso de fruto

Los datos obtenidos de peso de fruto mostraron una correlación positiva de 0.85 en relación al índice de cosecha y estadísticamente significativa (Anexo 4). En tanto en la Figura No. 9 se muestra la regresión lineal establecida entre los datos obtenidos de peso de fruto e índice de cosecha. En los diferentes muestreos los pesos de los frutos evolucionaron de 1,32 g promedio con un índice de cosecha de 1.66 hasta 1,68 g con un índice de cosecha de 2,55 (Cuadro No. 3). Generalmente el peso del fruto aumenta durante el período de maduración (Lavee y Wodner 2004, Menz y Vriesekoop 2010). Sin embargo, en la zafra 2010, en la plantación de INIA Las Brujas el índice de cosecha se estabilizó predominando un color verde amarillento y el peso de fruto continuó incrementándose (Feippe et al., 2010). En el presente estudio, una vez alcanzado el máximo valor de índice de cosecha (2,62) los pesos medio de los frutos se mantuvieron entre 1,70 gramos y 1,62 gramos (Cuadro No. 3).

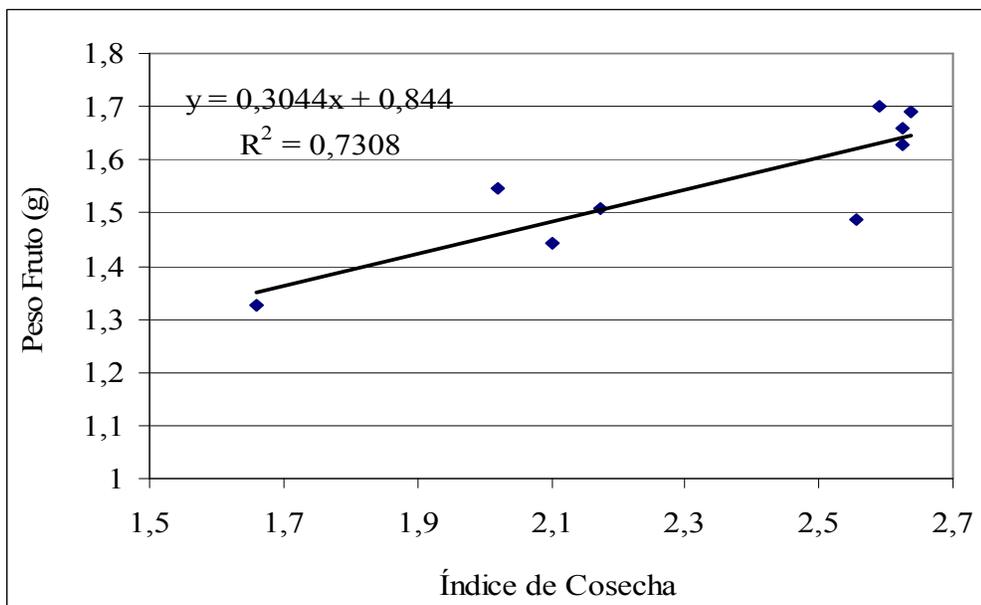


Figura No. 9. Variedad Arbequina. Relación entre peso de fruto e índice de cosecha.

4.1.3 Materia seca

La variable materia seca no presentó variación significativa durante todo el período evaluado no permitiendo ajustar ningún modelo explicativo (Cuadro No. 3 y Figura No. 10). Adicionalmente no hubo correlación significativa entre porcentaje de materia seca e índice de cosecha (Anexo 4).

Sin embargo, Mickelbart y James (2003) proponen a éste parámetro como indicador para determinar momento de cosecha para las condiciones de Nueva Zelanda. Fundamentan su propuesta en base a una correlación positiva mayor entre porcentaje de materia seca y porcentaje de aceite, que entre índice de cosecha y porcentaje de aceite.

En nuestras condiciones se obtuvo una correlación baja entre materia seca y porcentaje de aceite (Cuadro No. 3).

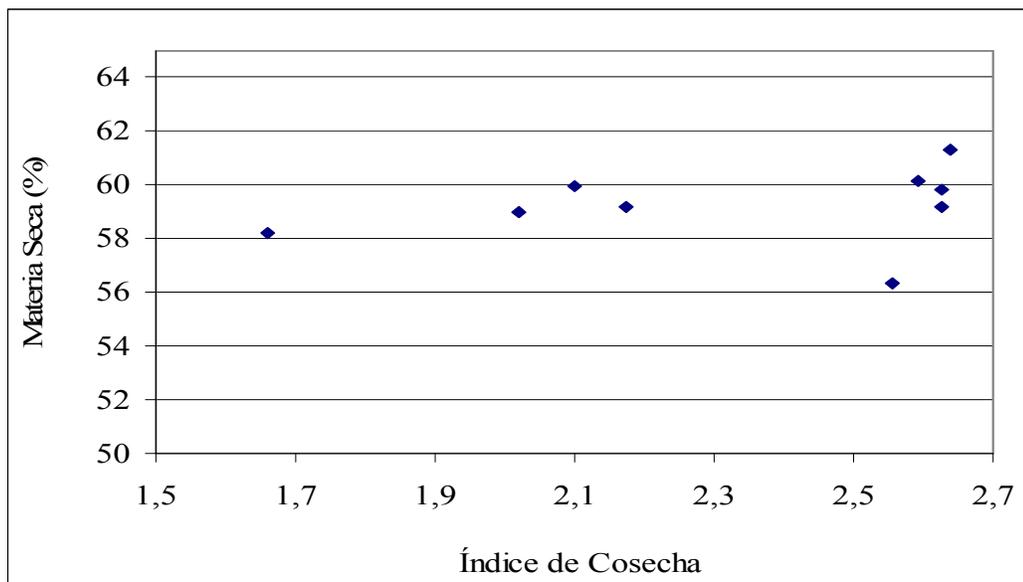


Figura No. 10. Variedad Arbequina. Relación entre materia seca e índice de cosecha.

4.1.4 Materia grasa

El porcentaje de aceite extraído no constituye un criterio de calidad, pero es un factor importante a ser considerado en la selección de variedades e investigación. Afecta directamente el rendimiento económico del cultivo.

El contenido de materia grasa en base fresca de las aceitunas aumentó de 20.47 % con un índice de cosecha de 1.66, hasta 27.63 % con un índice de cosecha de 2.63 (Cuadro No. 3). Estos datos indicaron una asociación directa significativa ($r=0.85$) en relación al índice de cosecha (Anexo 4), y permitieron ajustar un modelo de regresión lineal (Figura No. 11); corroborando además la clasificación de la variedad Arbequina como de alta productividad de aceite (Allalout et al., 2009). Los resultados obtenidos fueron similares a los reportados por Ortega Calderón et al. (2004) en cuyos experimentos observaron un incremento significativo de la proporción de materia grasa en relación al aumento del índice de cosecha. En tanto, para la variedad Arbequina, Feippe et al. (2010) obtuvieron datos en donde el contenido de aceite en fruta fue menor en los primeros muestreos de esa temporada. Estos muestreos coincidieron con fruta de color verde, la cual viró al color verde-amarillento sin síntesis de pigmentos rojos, pero con un aumento en el contenido de aceite. Los datos obtenidos por Dag et al. (2011) indicaron que si bien la materia grasa aumenta con la madurez de la fruta, su nivel desciende en los estados de madurez avanzada. Este incremento puede ser atribuido a la continua actividad del ciclo de biosíntesis de triglicéridos (Sánchez, 1994), el cual se

enlentece en frutas con mayor madurez y además entra en juego el hecho de que las plantas usan las reservas de lípidos para otros procesos fisiológicos. Debido a que el presente experimento fue realizado en un establecimiento comercial, se estableció previamente la fecha de finalización del mismo reservándose la cantidad de plantas necesarias, ya que se extendió mas allá de la fecha de cosecha comercial. Por lo tanto no fue posible extender el período de muestreo para constatar la caída del contenido de aceite observada por los citados autores.

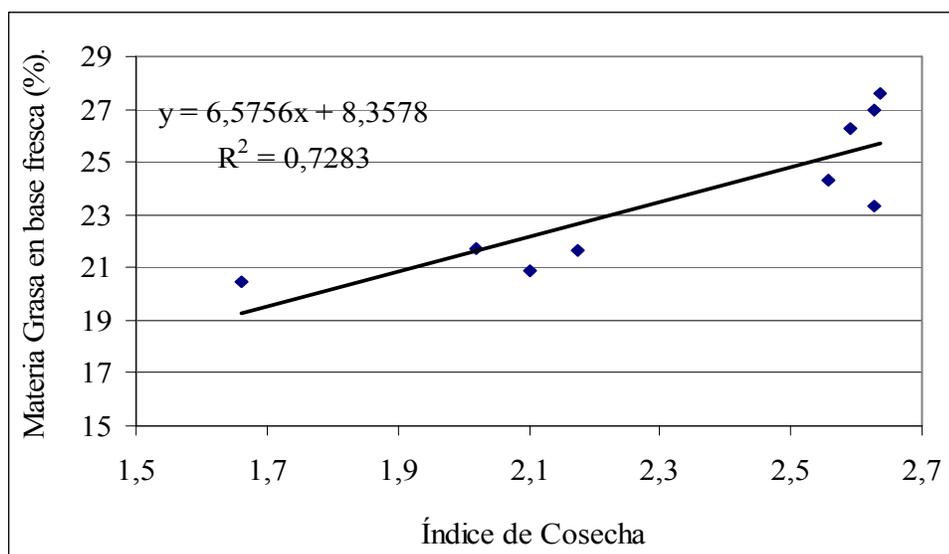


Figura No. 11. Variedad Arbequina. Relación entre materia grasa en base fresca e índice de cosecha.

Cuadro No. 3. Variedad Arbequina. Valores de índice de cosecha, peso de fruto, contenido de materia grasa y materia seca para cada fecha de muestreo

Índice de cosecha	Peso de fruto (g)	Materia grasa (% BF)*	Materia seca (%)
1,66	1,324	20,473	58,182
2,02	1,544	21,688	58,992
2,10	1,442	20,901	59,930
2,17	1,507	21,629	59,183
2,55	1,488	24,341	56,322
2,59	1,700	26,284	60,134
2,62	1,660	26,969	59,857
2,62	1,627	23,352	59,165
2,63	1,689	27,632	61,342

* BF = base fresca

4.2 CARACTERÍSTICAS DEL ACEITE

El análisis de componentes principales (ACP) mostró en dos ejes representativos del 62.5 % de la variación total (Anexo 3). Se puede observar que altos valores del índice de cosecha se asociaron a altos valores de índice de peróxidos, mientras que el contenido de polifenoles totales y el contenido de ácido graso palmítico, tuvieron un comportamiento opuesto (Figura No. 12).

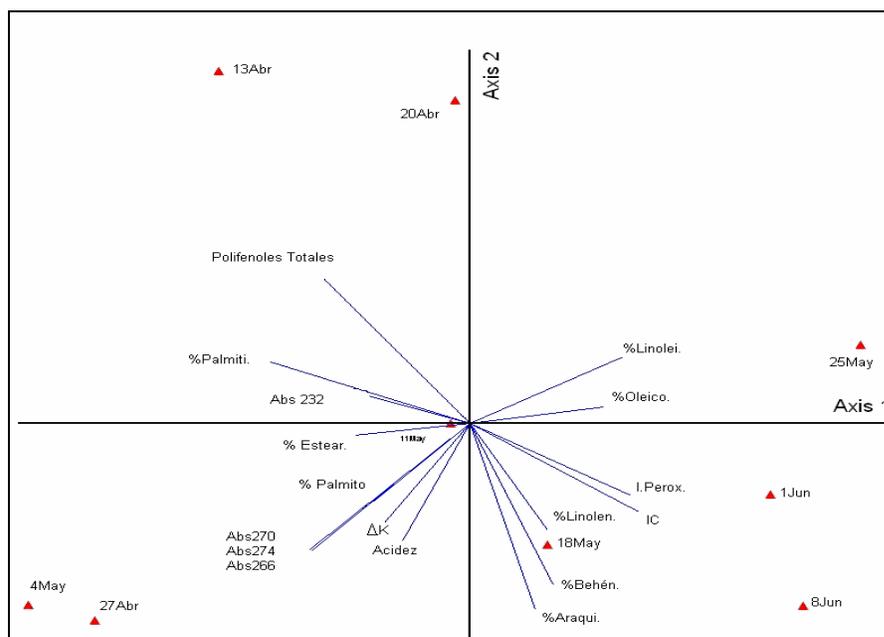


Figura No. 12. Variedad Arbequina. Representación gráfica del análisis de componentes principales de las variables evaluadas en el aceite.

4.2.1 Acidez

La acidez del aceite, si bien presentó oscilaciones a medida que avanzó el índice de cosecha, sus valores se mantuvieron por debajo del límite máximo de 0.80 % establecido por el Codex Stan 33 para aceites extra virgen (Cuadro No. 4). El análisis estadístico de los resultados señaló la no existencia de correlación entre éste parámetro y el índice de cosecha (Anexo 5), no ajustándose ningún modelo explicativo (Figura No. 13). Los resultados fueron similares a los encontrados por Gracia et al. (2009) los cuales señalaron que en aceites obtenidos a partir de aceitunas de plantas jóvenes de Arbequina los niveles de acidez se ubicaron en un rango de 0,08 % a 0,27 %. Resultados obtenidos en la zafra 2010, en INIA LB, a partir del aceite de la misma variedad, se ubicaron en valores inferiores a 0.20 % (Ibañez et al., 2010). Otros autores reportaron un leve

aumento de la acidez en los aceites de la variedad Picual (Gutierrez et al., 1999) y Arbequina (Yousfi et al., 2006) durante el período de maduración. El nivel de acidez es uno de los principales indicadores de calidad, y existen reportes de que aceites provenientes de frutas cosechadas tardíamente presentaron altos niveles de acidez atribuidos a la actividad enzimática de la lipasa de la fruta (Salvador et al., 2001). Otros autores reportaron, para el cultivar Barnea, que los aceites provenientes de varios estados de madurez, presentaron acidez baja, pero dentro del estándar del COI, principalmente en años de alta producción. Por otra parte índices de cosecha por encima de 3.2 produjeron aceites con altos niveles de acidez y por lo tanto de menor calidad y fuera de los rangos de extra virgen (Dag et al., 2011).

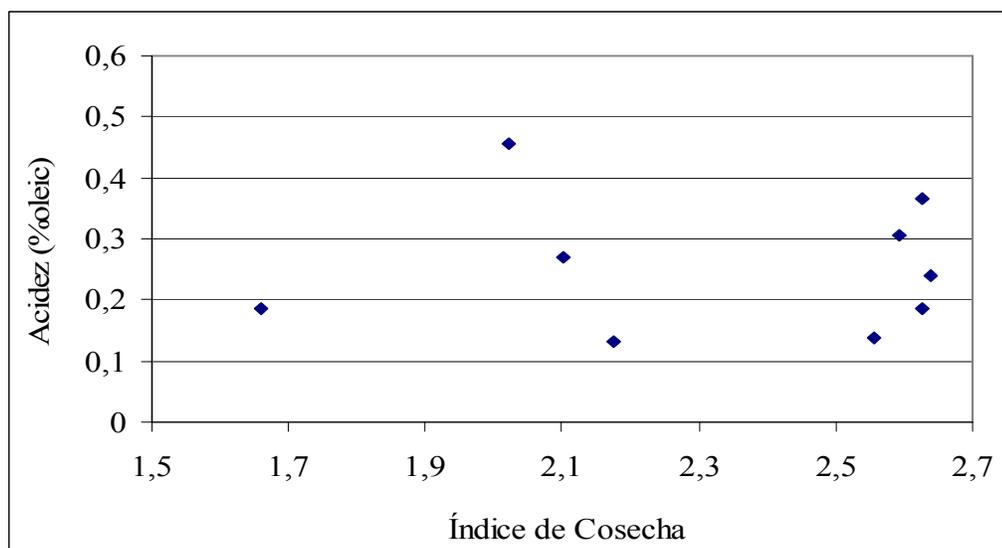


Figura No. 13. Variedad Arbequina. Variación de la acidez del aceite extraído a partir de aceitunas de diferentes muestreos y su correspondiente índice de cosecha.

4.2.2 Índice de peróxidos

Los resultados del análisis estadístico mostraron una correlación positiva ($r=0.72$) y estadísticamente significativa entre el índice de peróxidos y el índice de cosecha (Cuadro No. 4 y Anexo 5), consiguiéndose ajustar un modelo de regresión lineal (Figura No. 14). Por otra parte los valores de este parámetro se mantuvieron por debajo del límite máximo, de acuerdo con el Codex Stan 33 para los aceites extra virgen, el cual lo establece en 20 mmol O₂ activo/Kg. Los resultados fueron similares a los obtenidos por Ibañez et al. (2010) para la misma zafra y con los encontrados por Gracia et al. (2009). Sin embargo, en éste experimento, los valores obtenidos son menores y se

encontraron próximos al límite inferior del rango de datos obtenidos por los referidos autores. Por otra parte el índice de peróxidos varió entre variedades y dependió de la carga frutal de la planta. En estaciones de alta producción por hectárea, se encontró para la variedad Souri, un aumento de peróxidos a medida que lo hizo la madurez de las aceitunas. En tanto la variedad Barnea, tuvo un comportamiento diferente, en la cual su aceite disminuyó su índice de peróxidos con el aumento de la madurez en años de alta producción y aumentó cuando la producción fue inferior. No obstante, ante lo inesperado de algunos de los resultados, se sugirió la necesidad de profundizar la investigación en este aspecto (Dag et al., 2011).

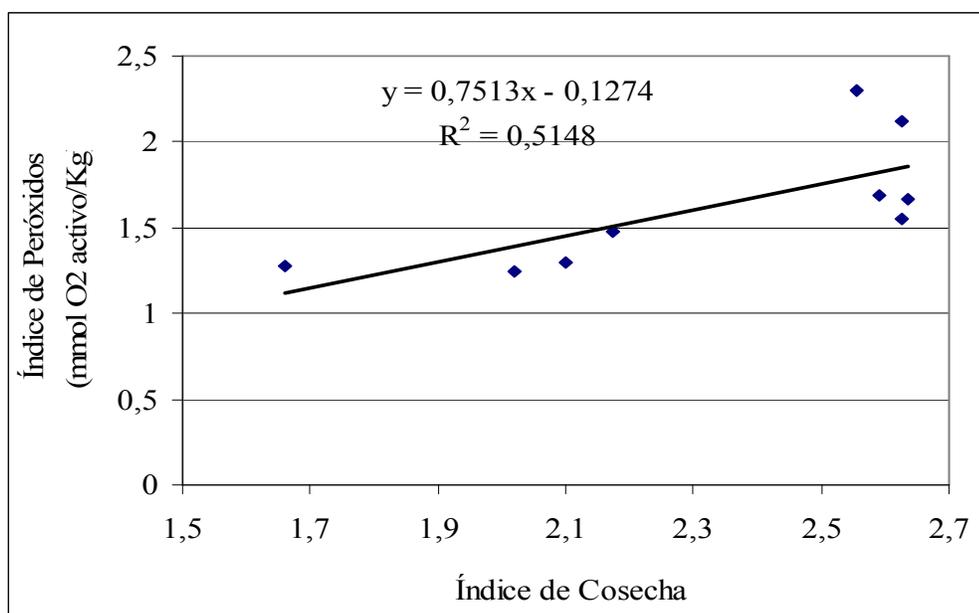


Figura No. 14. Variedad Arbequina. Variación del índice de peróxidos del aceite extraído a partir de aceitunas de diferentes muestreos y sus correspondientes índices de cosecha.

Cuadro No. 4. Variedad Arbequina. Valores de índice de peróxidos, acidez y contenido de polifenoles totales correspondientes a cada índice de cosecha

Índice de cosecha	Índice de peróxidos (mmolO ₂ activo/Kg)	Acidez (% oleico)	Polifenoles totales (mg/Kg)
1,66	1,274	0,186	68,579
2,02	1,240	0,454	53,164
2,10	1,299	0,270	53,793
2,17	1,481	0,132	63,231
2,55	2,295	0,139	42,154
2,59	1,689	0,304	37,435
2,62	2,124	0,365	44,199
2,62	1,554	0,186	51,277
2,63	1,666	0,240	44,041

4.2.3 Absorbancia UV

Los valores de absorbancia a 270 nm y 232 nm obtenidos en los aceites, a medida que progresó el índice de cosecha fueron menores a 0,22 y 2.5 respectivamente, de acuerdo al Codex Stan 33 (Cuadro No. 5 y Figura No. 15). Los resultados coincidieron al ubicarse dentro del rango 0,06 a 0,12 encontrado por Gracia et al. (2009) para las absorbancia a 270 nm. No obstante, los valores de absorbancia a 232 nm obtenidos, fueron menores al límite inferior del rango de 1,22 a 1,61, obtenido por dichos autores. Los valores de absorbancia a 232 nm obtenidos también fueron menores al obtenido por Ibañez et al. (2010) en aceite proveniente de la variedad Arbequina, para la misma zafra y país, aunque también se ubicaron dentro del rango correspondiente a extra virgen.

El análisis estadístico de los datos mostró que la correlación entre las absorbancias medidas a 270 nm ($r=0,40$) y a 232 nm ($r=0,41$) con el índice de cosecha, fue baja y no significativa, al momento de extracción del aceite (Anexo 5). Otros autores reportaron que los coeficientes de K_{270} y K_{232} fueron afectados por la presencia de daño por insectos en la fruta, siendo mayor a medida que aumentó la infección en el cultivo, así como el estado de madurez de las aceitunas. Frutas dañadas están expuestas a procesos hidrolíticos y oxidativos, favorecidos por la exposición de la pulpa al ambiente (Kyriakidis y Dourou 2002, Mraicha et al. 2010).

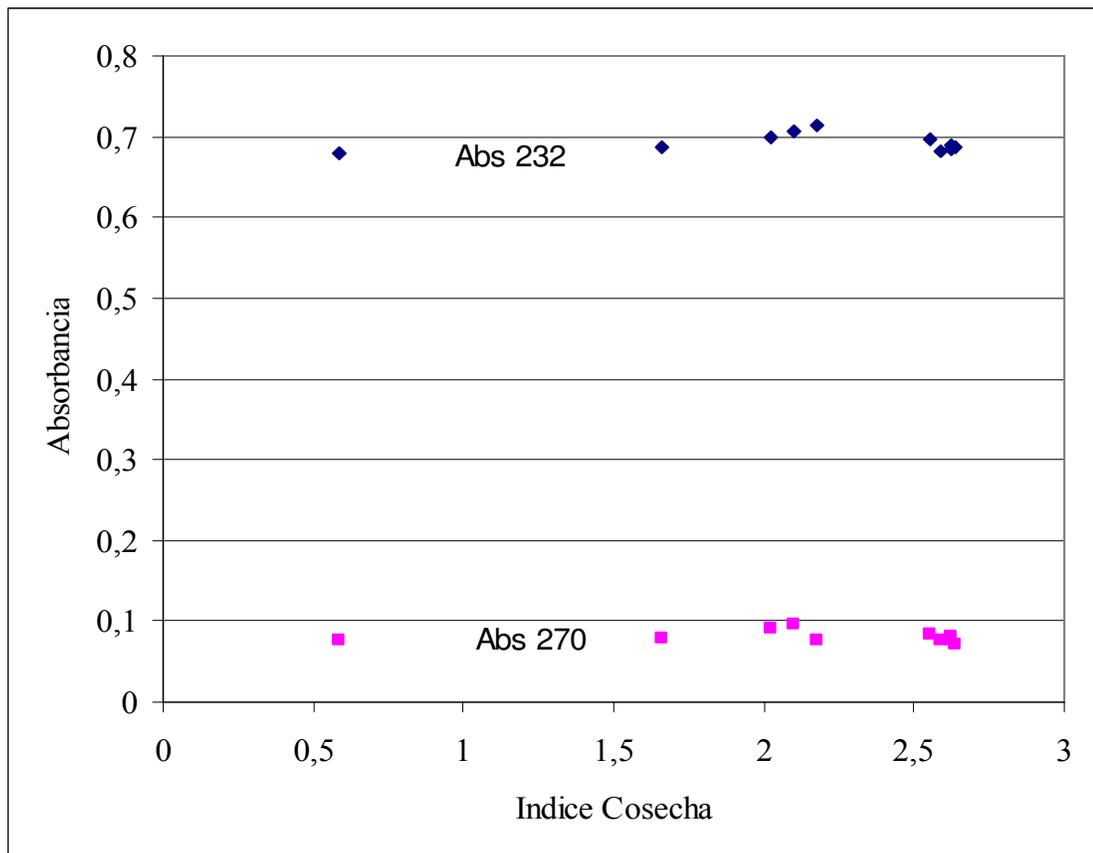


Figura No. 15. Variedad Arbequina. Variación de absorbancia a 270nm y 232nm del aceite extraído a partir de aceitunas de diferentes muestreos y su correspondiente índice de cosecha.

Para el parámetro ΔK (banda de absorción en el entorno de 270nm) el Codex Stan 33 establece valores máximos de 0.01, encontrándose los datos obtenidos por debajo de este límite (Cuadro No. 5 y Figura No. 16).

Los resultados del análisis estadístico indicaron que no existió correlación entre ΔK y el índice de cosecha (Anexo 5).

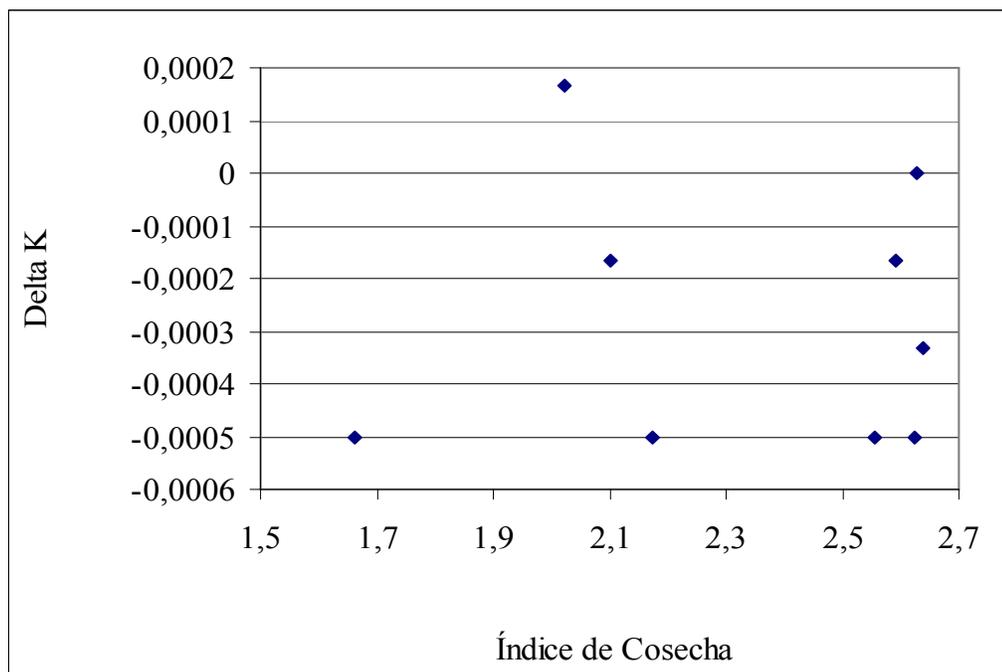


Figura No. 16. Variedad Arbequina. Variación de valores de ΔK de los aceites obtenidos a partir de diferente índice de cosecha.

Cuadro No. 5. Variedad Arbequina. Valores de absorbancia a partir de diferentes Índices de cosecha

Índice Cosecha	Abs 232nm	Abs 266nm	Abs 270nm	Abs 274nm	ΔK
1,66	0,688	0,083	0,079	0,077	-0,0005
2,02	0,700	0,093	0,092	0,090	0,0002
2,10	0,706	0,098	0,095	0,093	-0,0002
2,17	0,715	0,079	0,076	0,074	-0,0005
2,55	0,696	0,088	0,084	0,081	-0,0005
2,59	0,683	0,078	0,076	0,074	-0,0002
2,62	0,684	0,085	0,082	0,081	-0,0005
2,62	0,689	0,080	0,078	0,076	0,0000
2,63	0,687	0,075	0,072	0,070	-0,0003

4.2.4 Polifenoles totales

El contenido de polifenoles totales del aceite fue influenciado por la madurez de la fruta al momento de extracción. Los resultados del análisis estadístico indicaron que existió una correlación negativa ($r=-0,85$) entre este parámetro y el índice de cosecha (Anexo 5). El valor de este parámetro disminuyó a medida que avanzó la madurez de la fruta expresado a través de índices de cosecha más altos lográndose ajustar un modelo de regresión lineal (Figura No. 17). Estos resultados indicarían la importancia del estado de madurez al momento de la elaboración, ya que de la concentración de estos compuestos depende la estabilidad oxidativa del aceite (Tsimidou 1998, Salvador et al. 2000, Baccouri et al. 2008).

Se ha reportado que el contenido de polifenoles disminuye a medida que aumenta la madurez de la fruta, con la consiguiente menor estabilidad del producto (Uceda et al., 2008). Son un importante factor a ser considerado en la evaluación de la calidad ya que por su actividad antioxidante contribuyen significativamente a la estabilidad del aceite durante su almacenamiento (Servili y Montedoro 2002, Tura et al. 2007).

Los resultados de este experimento mostraron que los valores más altos de Polifenoles coincidieron con los menores índices de cosecha (Cuadro No. 4). En los resultados obtenidos en INIA Las Brujas, en la temporada 2010, la variedad Arbequina no viró el color de piel y pulpa de la fruta durante todo el ciclo productivo, lo cuál condujo a un índice de cosecha estable. Los valores obtenidos en relación a polifenoles, fueron inferiores a los obtenidos en las zafras 2007 y 2009, donde la fruta presentó variación de color y por tanto de índice de cosecha (Ibáñez et al., 2010). Los datos obtenidos se encuentran dentro del rango registrado por Gracia et al. (2009) de 36 mg/Kg y 188 mg/Kg de aceite, para aquellos aceites provenientes de aceitunas de plantas jóvenes de Arbequina. Si bien los valores fueron inferiores a los obtenidos por dichos autores, debe considerarse la diferencia de manejo, zona de producción y madurez de cosecha. Existen marcadas diferencias en la fracción fenólica de aceites provenientes de distintas regiones, lo cual ha probado la influencia del ambiente en la calidad del aceite (Ouni et al., 2011).

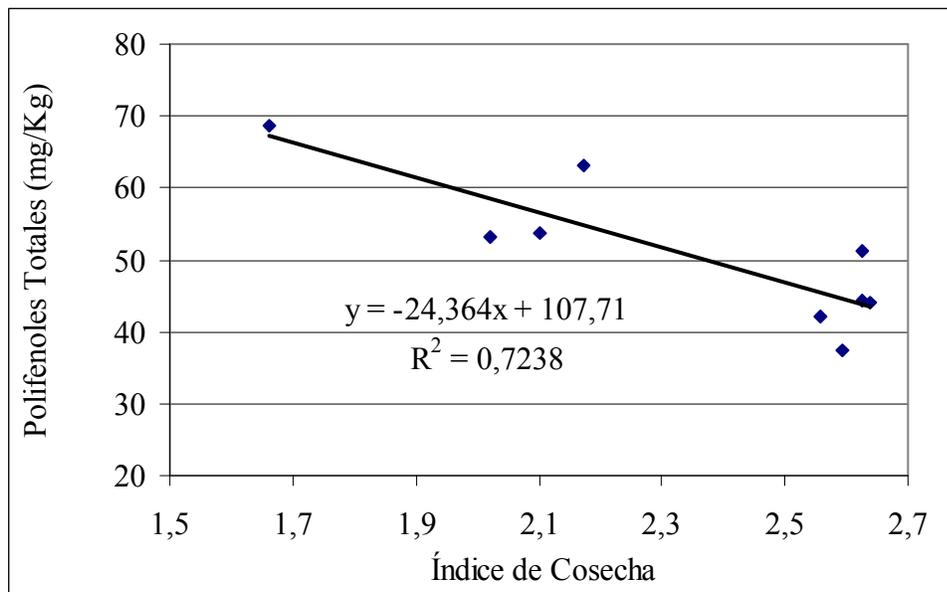


Figura No. 17. Variedad Arbequina. Variación del contenido de polifenoles totales en el aceite extraído a partir de aceitunas de diferentes muestreos y su correspondiente índice de cosecha.

4.2.5 Ácidos grasos

Los componentes del perfil de ácidos grasos en el aceite presentaron comportamientos diferentes en relación al índice de cosecha.

4.2.5.1 Ácido graso palmítico

El rango de variación del ácido graso palmítico (16:0) establecido para aceites vírgenes, por el Codex Stan 33 va desde 7.5% a 20%. Los valores obtenidos en este experimento lo ubican dentro de este rango con niveles promedios de 16.5 a 14.9 % (Cuadro No. 6). Por otra parte, estadísticamente se encontró una correlación significativa y negativa ($r=-0.73$) entre sus niveles y el índice de cosecha de la fruta al momento de extracción del aceite (Anexo 5), permitiendo ajustar un modelo de regresión lineal entre ambos (Figura No. 18). Los resultados obtenidos son coincidentes con los obtenidos para otros cultivares (Uceda y Hermoso 2001, Aguilera 2005, Menz y Vriesekoop 2010, Dag et al. 2011).

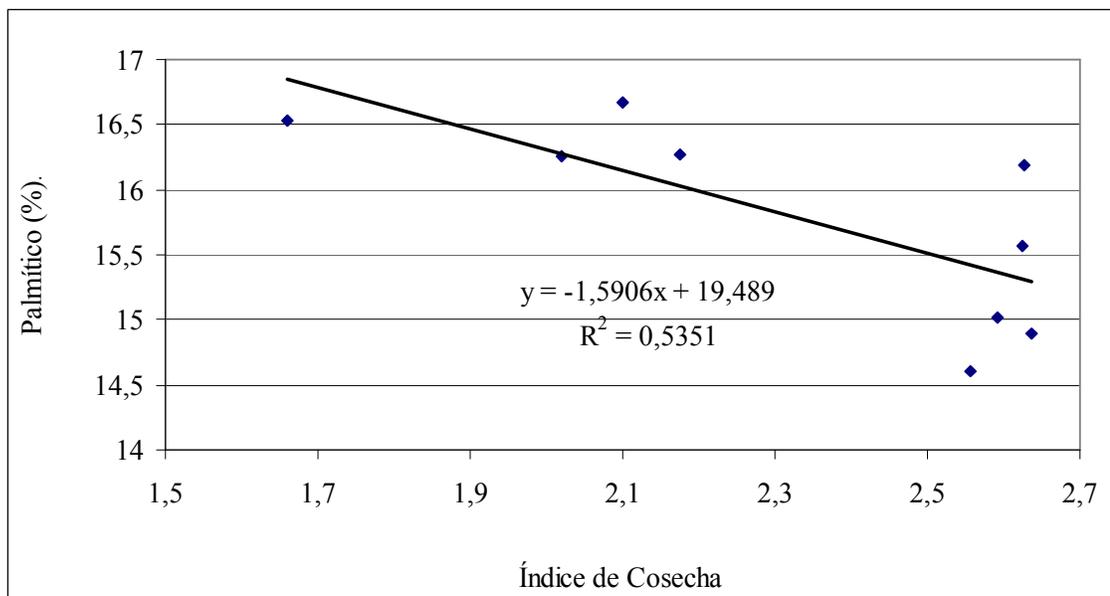


Figura No. 18. Variedad Arbequina. Variación del contenido de ácido graso palmítico del aceite en relación al índice de cosecha de las aceitunas.

4.2.5.2 Ácido graso palmitoléico

El rango de variación de palmitoleico (16:1) establecido para aceites vírgenes por el Codex Stan 33 va desde 0.3% a 3.5%.

Los resultados del análisis estadístico mostraron que el contenido de ácido graso palmitoleico no está correlacionado significativamente ($r = -0,12$) con el índice de cosecha (Anexo 5; Figura No. 19). A su vez los niveles observados se ubicaron en el límite superior del rango de variación admitido para aceites extra virgen.

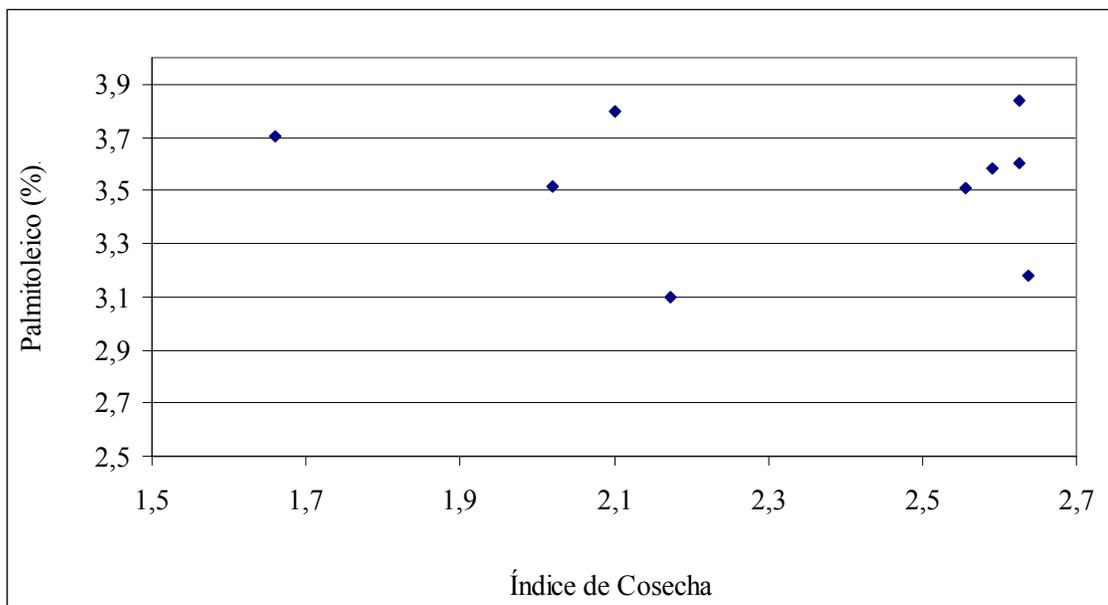


Figura No. 19. Variedad Arbequina. Variación del contenido de ácido graso palmitoleico del aceite en relación al índice de cosecha de las aceitunas

4.2.5.3 Ácido graso esteárico

El rango de variación de las proporciones de esteárico (18:0) establecido para aceites extra virgen por el Codex Stan 33 va desde 0.5% a 5%. Como resultado del análisis estadístico se observó que el contenido del de éste ácido no presentó una correlación significativa ($r = -0,19$) con el avance del índice de cosecha (Anexo 5), con valores que fueron de 1.2 y 1.6 %, mínimo y máximo respectivamente. No obstante, se mantuvieron dentro de los rangos establecidos por el COI, para ésta categoría de aceite (Figura No. 20 y Cuadro No. 6). Otros autores han reportado un comportamiento diferente de éste ácido entre dos variedades, en las cuales en una aumentó levemente con el índice de cosecha, en tanto en otra, disminuyó significativamente con índices de cosecha superiores a 4.0 (Baccouri et al., 2008).

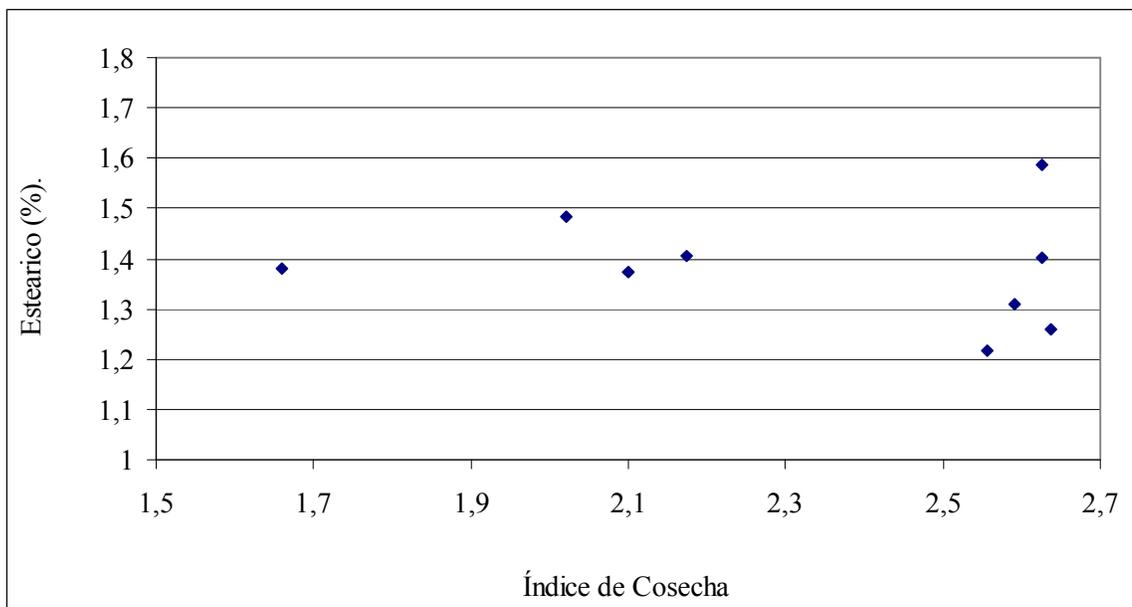


Figura No. 20. Variedad Arbequina. Variación del contenido de ácido graso esteárico del aceite en relación al índice de cosecha de las aceitunas.

4.2.5.4 Ácido graso oleico

En los aceites de todos los muestreos, el oleico fue el compuesto más abundante, con ningún valor por debajo del 65 %. Los niveles obtenidos se ubicaron dentro del rango de variación establecido para aceites de oliva extra virgen (Codex Stan 33) que va desde 55% a 83% (Figura No. 21 y Cuadro No. 6).

El análisis estadístico de los datos mostró que el contenido de ácido graso oleico no se correlacionó significativamente ($r=0,43$) con el incremento en el índice de cosecha (Anexo 5). Datos similares fueron reportados por otros autores, donde el oleico no experimentó cambios significativos, excepto en los aceites provenientes de IC superiores a 4.0 (Baccouri et al., 2008). Por otra parte, en la variedad Arbequina (IC = 2.77), se obtuvieron valores promedios similares a los de éste experimento (Dabbou et al., 2010). En evaluaciones realizadas sobre el efecto de insectos *Bactrocera oleae* sobre el contenido de ácidos grasos, los resultados mostraron que los niveles de los mismos, incluyendo el oleico, fueron independientes de éstos, pero variaron significativamente con la madurez de las aceitunas (Mraicha et al., 2010)

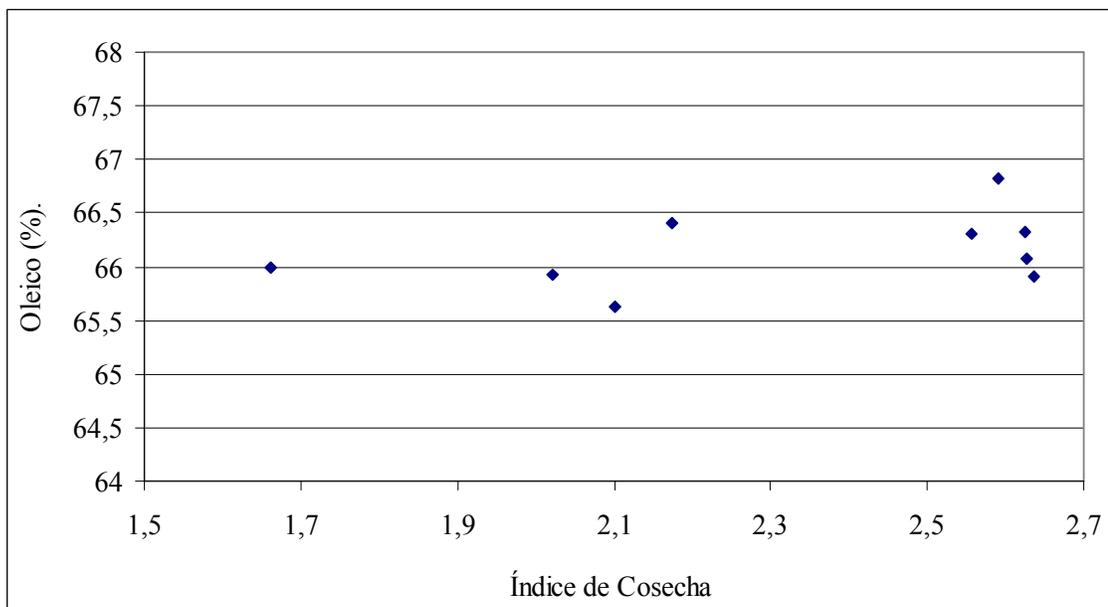


Figura No. 21. Variedad Arbequina. Variación del contenido de ácido graso oleico del aceite en relación al índice de cosecha de las aceitunas.

4.2.5.5 Ácido graso linoleico

El rango de variación de las proporciones de linoleico (18:2) establecido para aceites extra virgen por el Codex Stan 33 va desde 3.5% a 21%, obteniéndose en éste experimento valores de 11.4 a 13.7, mínimo y máximo respectivamente (Figura No. 22 y Cuadro No. 6).

Se observó que no hubo una correlación significativa ($r=0,25$) en la proporción de éste ácido graso con el índice de cosecha, pero se ubicó dentro de las características de extra virgen (Anexo 5 y Cuadro No. 6). En la evaluación de la variedad Arbequina, en regiones áridas, se encontró valores promedio de 14.4 % para un índice de cosecha de 2.77 (Dabbou et al., 2010). En tanto en otras variedades, si bien los valores fueron similares a los de Arbequina, se observó un aumento significativo en los aceites provenientes de aceitunas con índices de cosecha mayores a 3.0 (Baccouri et al., 2008).

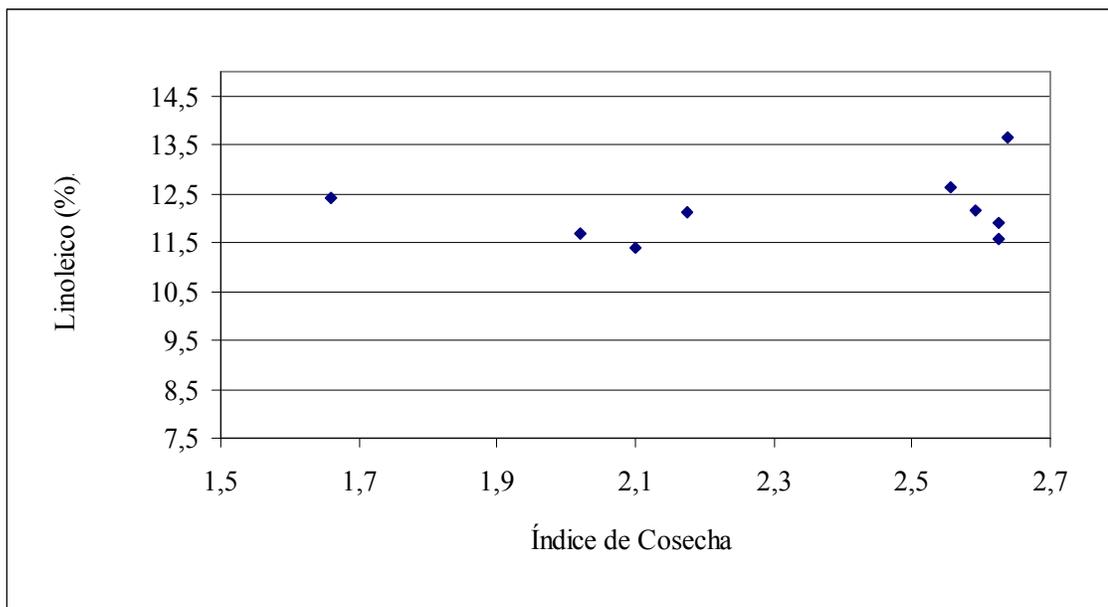


Figura No. 22. Variedad Arbequina. Variación del contenido de ácido graso linoleico del aceite en relación al índice de cosecha de las aceitunas.

4.2.5.6 Ácido graso linolénico

En el aceite de la primera cosecha (IC = 1.66) la técnica utilizada no detectó la presencia de éste ácido, pero no obstante en las siguientes extracciones, los valores se ubicaron entre 0.5 y 0.8 % (Figura No. 23 y Cuadro No. 6). El análisis estadístico mostró que el nivel de linolénico en el aceite no estuvo asociado al índice de cosecha de las aceitunas (Anexo 5). En otros trabajos y variedades, los niveles fueron similares, manteniéndose invariables estadísticamente hasta un IC de 5.3, momento en que su nivel disminuyó significativamente (Baccouri et al., 2008).

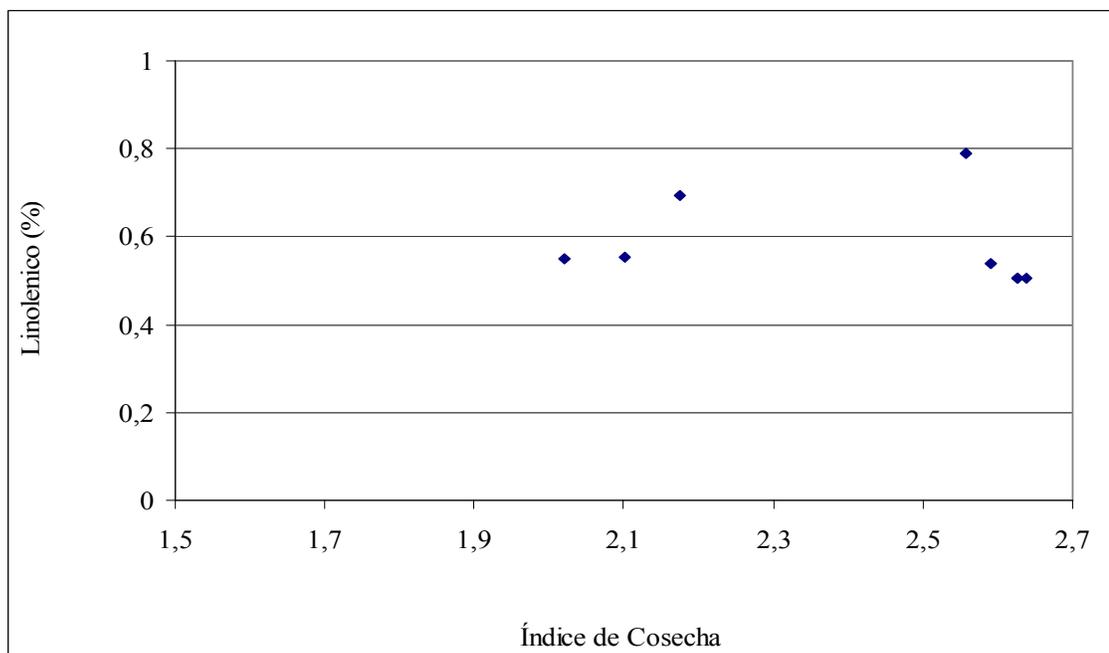


Figura No. 23. Variedad Arbequina. Variación del contenido de ácido graso linolénico del aceite en relación al índice de cosecha de las aceitunas.

4.2.5.7 Ácido graso araquídico

El contenido de ácido graso araquídico no fue detectado por la técnica analítica, en el aceite proveniente de índices de cosecha de 1.66 y 2.17. En los análisis posteriores, su valor promedio fue de 0,3 % (Figura No. 24). El rango de variación de las proporciones de araquídico establecido para aceites extra virgen por el Codex Stan 33 va desde 0% a 0.6%.

El análisis estadístico de los valores obtenidos, mostró que los niveles de éste ácido no fueron influenciados por el índice de cosecha (Anexo 5 y Cuadro No. 6). Resultados similares fueron obtenidos por Baccouri et al. (2008) donde entre IC de 0.5 a 5.3 y entre 0.7 y 5.5, los niveles de araquídico permanecieron estadísticamente similares. En tanto en otra variedad, su porcentaje disminuyó significativamente con el aumento de la madurez de las aceitunas con IC mayores a 3.5.

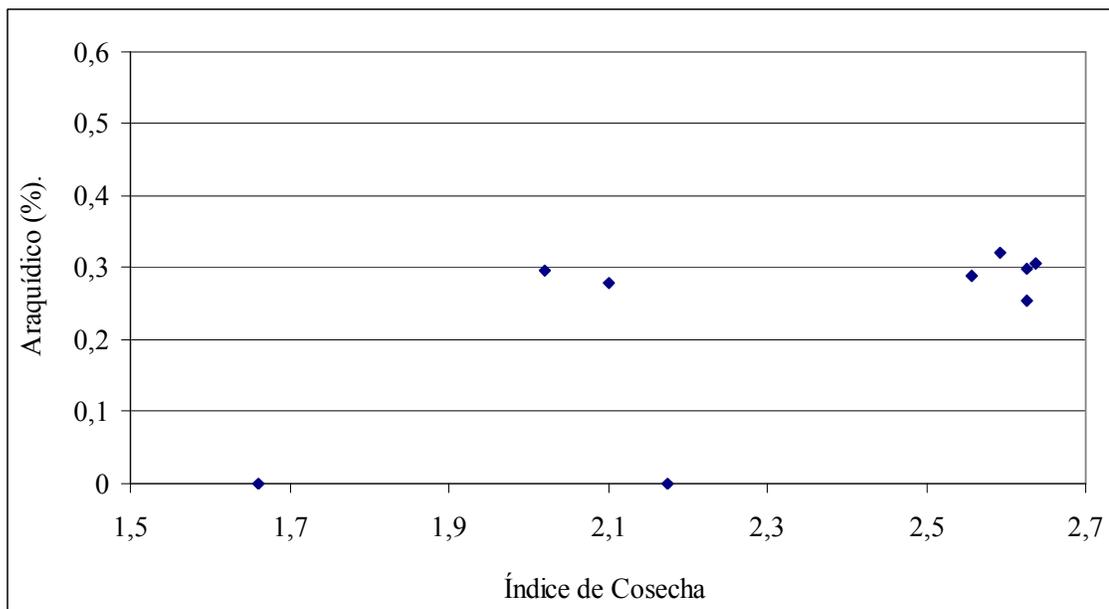


Figura No. 24. Variedad Arbequina. Variación del contenido de ácido graso araquídico del aceite en relación al índice de cosecha de las aceitunas.

4.2.5.8 Ácido graso behénico

El rango de variación de las proporciones de ácido graso behénico establecido para aceites vírgenes por el Codex Stan 33 va desde 0% a 0,2%. El promedio de los valores observados estuvo por encima del máximo admisible (Figura No. 25 y Cuadro No. 6). Probablemente, ésta aparente discordancia se encuentra dentro del margen de error de la técnica, a esos niveles de detección. Por otra parte son los primeros datos experimentales obtenidos en Uruguay, en relación al objetivo planteado.

Como resultado del análisis estadístico se pudo observar que no existió correlación significativa ($r=0,47$) entre la variación de este ácido graso y el índice de cosecha (Anexo 5). Otros autores obtuvieron resultados donde la proporción de linolénico disminuyó en aceites provenientes de índice de cosecha mayores (Uceda et al., citados por Uceda et al. 2008, Baccouri et al. 2011). A su vez, estos últimos autores obtuvieron resultados, para otra variedad, en donde los porcentajes de linolénico no fueron afectados por el índice de cosecha.

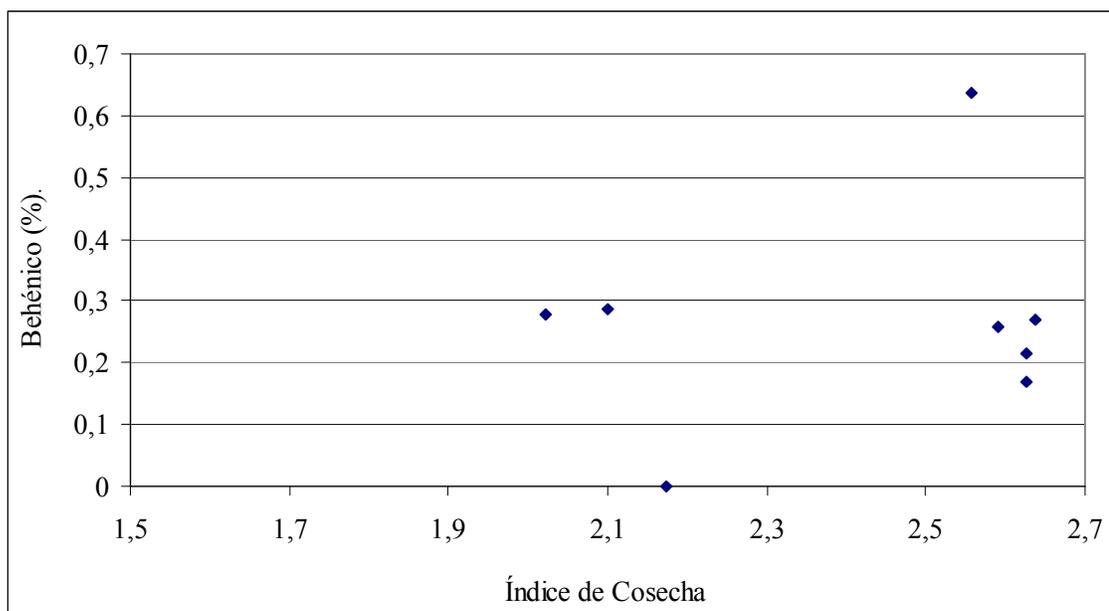


Figura No. 25. Variedad Arbequina. Variación del contenido de ácido graso behénico del aceite en relación al índice de cosecha de las aceitunas

Cuadro No. 6. Variedad Arbequina. Resultados obtenidos de la evolución de las proporciones de ácidos grasos en el aceite

Índice cosecha	% Palmítico	% Palmitoleico	% Esteárico	% Oleico	% Linolei	% Linoleni	% Araquídico	% Behénico
1,66	16,5	3,7	1,4	66,0	12,4	s/d*	s/d*	s/d*
2,02	16,3	3,5	1,5	65,9	11,7	0,55	0,30	0,28
2,10	16,7	3,8	1,4	65,6	11,4	0,55	0,28	0,29
2,17	16,3	3,1	1,4	66,4	12,1	0,69	s/d*	s/d
2,55	14,6	3,5	1,2	66,3	12,6	0,79	0,29	0,64
2,59	15,0	3,6	1,3	66,8	12,2	0,54	0,32	0,26
2,62	15,6	3,6	1,6	66,3	11,9	0,50	0,31	0,17
2,62	16,2	3,8	1,4	66,1	11,6	0,50	0,32	0,22
2,63	14,9	3,2	1,3	65,9	13,7	0,51	0,29	0,26

*sin datos

5. CONCLUSIONES

Sobre las condiciones experimentales del presente trabajo, se concluye que:

- Se verifica una vez más para nuestras condiciones que la variedad Arbequina presenta toma de color lenta durante la primera mitad del período para luego estabilizarse sin superar el índice de cosecha de 2,65, valor bajo en relación a otras variedades.
- Se verifica un aumento del peso de fruto y de la materia grasa a medida que aumenta el índice de cosecha.
- La materia seca se mantuvo constante.
- Respecto de los parámetros de calidad de aceite, estos presentan una evolución esperada respecto de la bibliografía disponible, con descenso del contenido polifenoles e incremento en el índice de peróxidos.
- Considerando un aumento en peso de fruto y de materia grasa, se infiere rendimientos crecientes de aceite por hectárea sin pérdida de calidad que comprometan su calificación de virgen extra.
- En función de lo anterior, sería recomendable no cosechar la fruta con valores de Índice inferiores a 2,5.
- Es necesario evaluar mas numero de años así como otras condiciones de producción para realizar una recomendación para un manejo óptimo del índice de cosecha.
- No debe descartarse la posibilidad de evaluar otros criterios de cosecha como puede ser el porcentaje de aceite. Deberá evaluarse sus posibilidades de aplicación práctica a nivel de plantaciones comerciales.

En el monte evaluado y en el período considerado se constató un aumento sostenido de la cantidad de aceite mientras que en general los parámetros de calidad evaluados se mantuvieron dentro de los estándares establecidos para la categoría de aceite extra virgen. El porcentaje de ácido graso palmitoleico tuvo valores observados que respecto al codex stan 33 se ubicaron promedialmente en el límite superior del rango de variación admitido para aceites extra virgen.

Con los resultados obtenidos no podemos concluir cual es el índice de cosecha óptimo por color de piel y pulpa, ya que el valor obtenido presentó poca variación en el tiempo. Además, la variedad Arbequina, tiene antecedentes en Uruguay de no virar a los tonos violáceos.

Para nuestras condiciones, éste trabajo es el primer avance con resultados experimentales en relación al objetivo planteado. Es necesario evaluar mayor número de años, tanto por la validez científica, como para conocer el efecto de las prácticas de manejo del cultivo que puedan incidir en la madurez y calidad del aceite.

6. RESUMEN

En el departamento de Florida, Uruguay, se evaluó la fruta de un olivar de 3.75 hectáreas de la variedad Arbequina. Se realizaron nueve cosechas semanales del total de la fruta de seis árboles cada vez y se midieron los siguientes parámetros: producción por árbol, peso de fruto, índice de madurez por color (IC), porcentaje de materia seca, porcentaje de materia grasa. A su vez se extrajo el aceite de la fruta cosechada y se evaluó: acidez, índice de peróxidos, absorbancias UV, contenido de polifenoles y perfil de ácidos grasos. Se encontró asociación entre el avance del IC y: el incremento del peso de fruto, el aumento del porcentaje de materia grasa, el aumento del índice de peróxidos, el descenso del contenido de polifenoles y de la proporción del ácido graso palmítico. La proporción de ácido oleico se mantuvo entorno a 66% durante el periodo evaluado. Todas las características evaluadas se mantuvieron dentro de los niveles aptos para la calificación de los aceites como extra virgen.

Palabras clave: Uruguay; Oliva; Arbequina; Madurez; Cosecha; Aceite.

7. SUMMARY

In the department of Florida, Uruguay, the fruit of 3.75 hectares of Arbequina variety was evaluated. Nine harvests were made weekly. The total harvest of six trees was collected and the following parameters were measured: fruit weight, maturity and Color Index (CI), percentage of dry matter, fat content. In turn the oil extracted from fruit harvested was evaluated measuring: acidity, peroxide value, UV absorbance, polyphenol content and fatty acid profile. Association was found between IC and: the increase in fruit weight, increased fat content, increased the peroxide value, the decrease of polyphenols content and the proportion of palmitic fatty acid. The proportion of oleic acid remained around 66% during the period evaluated. All the traits were within levels suitable for the classification of oils as Extra Virgin.

Keywords: Uruguay; Olive; Arbequina; Maturity; Harvest; Oil.

8. BIBLIOGRAFIA

1. AGUILERA, P.; BELTRAN, G.; ORTEGA, D.; FERNÁNDEZ, A.; JIMÉNEZ, A.; UCEDA, M. 2005. Characterisation of virgin olive oil of Italian olive cultivars: 'Frantoio' and 'Leccino', grown in Andalusia. *Food Chemistry*. 89: 387–391.
2. ALBIN, A.; VILLAMIL, J. 2003. Aceite de Oliva. *Diario El País*. El País Agropecuario. no. 101: 25-28.
3. ALLALOUT, A.; KRICHENE, D.; METHENNI, K.; TAAMALLI, A.; OUESLATI, I.; DAOUD, D.; ZARROUK, M. Characterization of virgin olive oil from super intensive Spanish and Greek varieties grown in northern Tunisia. *Scientia Horticulturae*. 120: 77–83.
4. BACCOURI, O.; GUERFEL, M.; BACCOURI, B.; CERRETANI, L.; BENDINI, A.; LERCKER, G.; ZARROUK, M.; BEN MILED, D. 2008 Chemical composition and oxidative stability of Tunisia monovarietal virgin olive oils with regard to fruit ripening. *Food Chemistry*. 109: 743–754.
5. BARRANCO, D.; FERNANDEZ ESCOBAR, R.; RALLO, L. 2004. El cultivo del olivo. 5a. ed. Madrid, Junta de Andalucía/Mundi-Prensa. 800 p.
6. BELTRAN, G.; JIMÉMEZ, A.; AGUILERA, M. P.; UCEDA, M. 2000. Análisis mediante HPLC de la fracción fenólica del aceite de oliva virgen de la variedad Arbequina. Relación con la medida del amargor K225 y la estabilidad. *Revista Grasas y Aceites*. 51 (5): 320 – 324.
7. _____; AGUILERA, M. P.; DEL RIO, C.; SANCHEZ, S.; MARTINEZ, L. 2005. Influence of fruit ripening process on the natural antioxidant content of Hojiblanca virgin olive oils. *Revista Food Chemistry*. 89: 207 – 215.
8. BOSKOU, D. 2002. Olive Oil. In: Gunstone, F. D. ed. *Vegetable oils in food technology; composition, properties and uses*. New York, Wiley. pp. 244-277.
9. CODEX ALIMENTARIUS. 1981. Codex Stan 33; norma para los aceites de oliva y los aceites de orujo de aceituna. (en línea). Roma. 9 p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.codexalimentarius.net/web/more_info.jsp?id_sta=88

10. COI. 2011. El Olivo. (en línea). s.l. s.p. Consultado 23 abr. 2011. Disponible en <http://www.internationaloliveoil.org/web/aa-spanish/oliveWorld/olivo.html>
11. CONDE, P.; VILLAMIL, J. J.; VILLAMIL, J. 2010. Evaluación de variedades de olivo en Uruguay. In: Jornada de Divulgación (2010, Las Brujas, Canelones). Resultados experimentales en olivos. Montevideo, INIA. pp. 1-10 (Actividades de Difusión no. 626).
12. DABBOU, S.; RJIBA, I.; NAKBI, A.; GAZZAH, N.; ISSAOUI, M.; HAMMAMI, M. 2010 Compositional quality of virgin olive oils from cultivars introduced in Tunisian arid zones in comparison to Chemlali cultivars. *Scientia Horticulturae*. 124: 122–127.
13. DAG, A.; KEREM, Z.; YOGEV, N.; ZIPORI, I.; LAVEE, S.; BEN-DAVID, E. 2011 Influence of time of harvest and maturity index on olive oil yield and quality. (en línea). *Scientia Horticulturae*. 127: 358–366. Consultado 29 abr. 2011. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423810005121>
14. DEL CASTILLO QUESADA, E.; TORRES SAURA, V.; ÁLVAREZ FERNÁNDEZ, B. 2007. El aceite de oliva y la salud. Proceso industrial y puntos críticos de control en almazaras. *Higiene y Sanidad Ambiental*. 7: 256-264.
15. FAO. 1997. Grasas y aceites en la nutrición humana. (en línea). In: Consulta FAO/OMS de Expertos (Roma, 1993). Conclusiones y recomendaciones generales de la consulta. Roma. s.p. Consultado 10 dic. 2010. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/v4700s/v4700s05.htm#conclusionesyrecomendacionesgeneralesdeलाconsulta>
16. FEIPPE, A.; IBAÑEZ, F.; FREDES, A.; CALISTRO, P. 2010. Evolución del contenido de aceite, en relación al estado de madurez de frutos, de las variedades Arbequina, Frantoio y Picual. In: Jornada de Divulgación (2010, Las Brujas, Canelones). Resultados experimentales en olivos. Montevideo, INIA. pp. 11-18 (Actividades de Difusión no. 626).
17. FOURMENT, M. M.; POLITI, A. 2008. Caracterización fenológica-reproductiva de tres variedades de olivo (*Olea europaea* L.) en la región sur de Uruguay. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 54 p.
18. GIL SALAYA, G. F. 2004. Madurez de la fruta y manejo poscosecha. 2ª ed. Chile, Universidad Católica de Chile. 431 p.

19. GRACIA, M. S.; ROYO, A.; GUILLÉN, M. 2009. Composiciones químicas de aceites de las variedades Arbequina y Empeltre cultivadas en regadío. *Revista Grasas y Aceites*. 60 (4): 321-329.
20. GUERRERO, A. 2003. Nueva olivicultura. Madrid, Mundi-Prensa. 299 p.
21. GUTFINGER, T. 1981. Polyphenols in olive oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 58: 966-968.
22. GUTIERREZ, F.; JIMENES, B; RUIZ, A.; ALBI, M. 1999. Effect of olive ripeness on the oxidative stability of virgin olive oil extracted from the varieties Picual and Hojiblanca and on the different components involved. *Journal. Agricultural Food Chemistry*. 47: 121–127.
23. HEERMANN, D.F.; KOHL, R.A. 1983. Fluid dynamics of sprinkler systems. *In*: Jensen, M.E. ed. *Design and operation of farm irrigation systems*. Madison, WI, American Society of Agricultural Engineers. pp. 583-614.
24. IBÁÑEZ, F. 2007. Calidad de aceites de oliva extra virgen. *In*: Jornada de Divulgación (2007, Las Brujas, Canelones). Resultados experimentales en olivos. Montevideo, INIA. pp. 19-26 (Actividades de difusión no. 512).
25. _____; FREDES, A.; FEIPPE, A. 2010. Parámetros de calidad de los aceites de oliva extra virgen varietales en las cosechas 2007-2010. *In*: Jornada de Divulgación (2010, Las Brujas, Canelones). Resultados experimentales en olivos. Montevideo, INIA. pp. 19-23 (Actividades de Difusión no. 626).
26. KYRIAKIDIS N.; DOUROU, E., 2002. Effect of storage and dacus infestation of olive fruits on the quality of the produced virgin olive oil. *Journal of Food Lipids*. 9: 47.
27. LAVÉE, S.; WODNER, M. 2004. The effect of yield, harvest time and fruit size on the oil content in fruits of irrigated olive trees (*Olea europaea*), cvs Barnea and Manzanillo. *Scientia Horticulturae*. 99 (3–4): 267–277.
28. MANAI, H.; GALLARDO, L.; HADDADA, F.; SANCHEZ, J.; OSORIO, E.; ZARROUK, M. 2007. Características sensoriales de aceites de oliva virgen procedentes de cultivares tunecinos monovarietales e híbridos con variedades europeas. *Revista Grasas y Aceites*. 58 (2): 163-169.
29. MENZ, G.; VRIESEKOOOP, F. 2010. Physical and chemical changes during the maturation of Gordal Sevillana olives (*Olea europaea* L., cv. Gordal Sevillana). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 58: 4934–4938.

30. MICKELBART, M. V.; JAMES, D. 2003. Development of a dry matter maturity index for olive (*Olea europaea*). (en línea). New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. 31: 269–276. Consultado 10 dic. 2010. Disponible en <http://www.royalsociety.org.nz/media/publications-journals-nzjc-2003-034.pdf>
31. MOTILVA, J. M.; RAMO, T.; ROMERO, M. P. 2001. Caracterización geográfica de los aceites de oliva vírgenes de la denominación de origen protegida 'Les Garrigues' por su perfil de ácidos grasos. *Revista Grasas y Aceites*. 52 (1): 26-
32. MRAICHA, F.; KSANTINI, M.; ZOUCHE, O.; AYADI, M.; SAYADI, S.; BOUAZIZ, M. 2010 Effect of olive fruit fly infestation on the quality of olive oil from Chemlali cultivar during ripening *Food and Chemical Toxicology*. 48: 3235–3241.
33. OLIVERAS LOPEZ, M.J. 2005. Calidad de aceite de oliva virgen extra. Antioxidantes y función biológica. Tesis doctoral. Granada, España. Facultad de Farmacia. 291 p.
34. ORTEGA CALDERON, D.; BELTRAN, G.; AGUILERA, M.; UCEDA, M. 2004. Influencia del régimen hídrico en la formación de aceite en Arbequina. (en línea). *Revista Vida Rural*. no. 198: 60-64. Consultado 23 abr. 2011. Disponible en http://www.mapa.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_vrural%2FVrural_2004_198_60_64.pdf
35. OUNI, Y.; TAAMALLI, A.; GOMEZ-CARAVACA, A.; SEGURA-CARRETERO, A.; FERNÁNDEZ-GUTIERREZ, A.; ZARROUK, M. 2011. Characterisation and quantification of phenolic compounds of extra-virgin olive oils according to their geographical origin by a rapid and resolute LC–ESI-TOF MS method. *Food Chemistry*. 127: 1263–1267.
36. PORRAS, A.; CABRERA, J.; SORIANO, M. 1995. *Olivicultura y Elaiotecnia*. Murcia, Compobell. 319 p.
37. RALLO, L.; CUEVAS, J. 2004. Fructificación y producción. *In*: Barranco, D.; Fernández Escobar, R.; Rallo, L. eds. *El cultivo del olivo*. 5ª. ed. Madrid, España, Mundi-Prensa. cap. 5, pp. 699-727.

38. RAPOPORT, H. 2008. Botánica y morfología. In: Barranco, D.; Fernández-Escobar, R.; Rallo, L. eds. El cultivo del olivo. 6^a ed. Madrid, Junta de Andalucía/Mundi-Prensa. pp. 37-62.
39. SALVADOR, M.; ARANDA, F; GOMEZ-ALONSO, S; FREGAPANE, G. 2000. Quality characteristics of Cornicabra virgin olive oil. *Oil Chemistry*. 1: 32–39.
40. SANCHEZ, J. 1994. Lipid photosynthesis in olive fruit. *Lipid Reserch*. 33: 97–104.
41. SERVILI, M.; MONTEDORO, G. 2002. Contribution of phenolic compounds to virgin olive oil quality. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 104: 602–613.
42. TOUS, J.; ROMERO, A.; PLANA, J.; GUERRERO, L.; DIAZ, I.; HERMOSO, J.F. 1997. Características químico – sensoriales de los aceites de oliva “Arbequina” obtenidos en distintas zonas de España. *Revista Grasas y Aceites*. 48 (6): 415–424.
43. _____; _____; _____. 1998. Comportamiento agronómico y comercial de cinco variedades de olivo en Terragona. (en línea). *Revista Investigación Agraria: Producción y Protección Vegetales*. 13 (1-2): 97- 109. Consultado 21 abr. 2011. Disponible en <http://sia.revistas.inia.es/index.php/iappv/article/view/9>
44. _____; VILLAMIL, J.; HERMOSO, J. F.; ALBIN, A. 2005. El olivo en Uruguay. (en línea). *Olivae: Revista Oficial del Consejo Oleícola Internacional*. 103: 56-61. Consultado 30 nov. 2010. Disponible en <http://www.internationaloliveoil.org/downloads/economia/uruguay-fr.pdf>
45. TRENTACOSTE, E.; PUERTAS, C. 2002. Catálogo de variedades de olivo presentes en la colección de la EEA Junín INTA. Buenos Aires, INTA. 4 p.
46. _____; _____; SADRAS, V. 2010. Effect of fruit load on oil yield components and dynamics of fruit growth and oil accumulation in olive (*Olea europaea* L.). *European Journal of Agronomy*. 32: 249-254.
47. TSIMIDOU, M. 1998. Polyphenols and quality of virgin olive oil in retrospect. *Food Science*. 10: 99–116.
48. TURA, D.; GIGLIOTTI, C.; PEDO, S.; FAILLA, O.; BASSI, D.; SERRAIOTTO, A. 2007. Influence of cultivar and site of cultivation on levels of lipophilic

and hydrophilic antioxidants in virgin olive oils (*Olea europea* L) and correlations with oxidative stability. *Scientia Horticulturae*. 112: 108–119.

49. UCEDA, M.; HERMOSO, M. 1998. La calidad del aceite de oliva. *In*: Barranco, D.; Fernández-Escobar, R.; Rallo, L. eds. *El cultivo del olivo*. Madrid, Junta de Andalucía/Mundi-Prensa. pp. 547–572.
50. _____; _____. 2001. La calidad del aceite de oliva. *In*: Barranco, D.; Fernández-Escobar, R.; Rallo, L. eds. *El cultivo del olivo*. Madrid, Mundi-Prensa. pp. 589–614.
51. _____; _____; AGUILERA, M. P. 2008. La calidad del aceite de oliva. *In*: Barranco, D.; Fernández-Escobar, R.; Rallo, L. eds. *El cultivo del olivo*. 6^a ed. Madrid, Mundi-Prensa. pp. 127-157.
52. VILLAMIL, J.; ALBIN, A. 2006. Rubros alternativos de producción; olivos y aceite de oliva. Uruguay. *Revista INIA*. 7: 31-34.
53. _____; CABRERA, D.; VILLAMIL, J. J.; RODRIGUEZ, P. 2007. Evaluación de variedades de olivo. *In*: *Jornada de Divulgación (2007, Las Brujas, Canelones)*. Resultados experimentales en olivos. Montevideo, INIA. pp. 3-8 (Actividades de Difusión no. 512).
54. WESTWOOD, M. N. 1982. *Fruticultura de zonas templadas*. Madrid, Mundi-Prensa. 461 p.
55. YOUSFI, K.; CERT, M. R.; GARCIA, J. M. 2006. Changes in quality and phenolic compounds of virgin olive oils during objectively described fruit maturation. *European Food Reserch Technology*. 223: 117–124.

9. ANEXOS

Anexo 1. Análisis inicial de suelo

Datos del análisis de suelo realizado por el Laboratorio de suelos y aguas del M.G.A.P.	
pH H ₂ O	5,20
pH KCl	4,20
% M.O.	2,90
P ppm	3
K meq/ 100 gr	0,26
Ca meq/ 100 gr	2,90
Mg meq/ 100 gr	0,90
Na meq/ 100 gr	0,08
% arena	58
% limo	24
% arcilla	18
Clase textural	FRANCO ARENOSO

Anexo 2. Salida del ACP de los parámetros de la fruta

Eje	autovalor	% de varianza	% de var. acum.	autovalor
1	4.006	66.764	66.764	2.450
2	0.927	15.451	82.216	1.450
3	0.820	13.660	95.876	0.950
4	0.185	3.075	98.951	0.617
5	0.063	1.048	99.999	0.367
6	0.000	0.001	100.000	0.167

Anexo 3. Salida del ACP de los parámetros del aceite

Eje	autovalor	% de varianza	% de var. acum.	autovalor
1	6.182	36.366	36.366	3.440
2	4.450	26.175	62.541	2.440
3	2.157	12.691	75.232	1.940
4	1.425	8.384	83.616	1.606
5	1.210	7.116	90.732	1.356
6	0.926	5.447	96.179	1.156
7	0.530	3.115	99.295	0.990
8	0.120	0.705	100.000	0.847
9	0.000	0.000	100.000	0.722
10	0.000	0.000	100.000	0.611

Anexo 4. Correlaciones parámetros de la fruta

Coeficientes de correlación						
Correlación de Pearson: coeficientes \ probabilidades						
	IC	peso fruto	mat. seca	mat. grasa	mat. grasa seca	Kg/ planta
IC	1	3,30E-03	0,51	3,40E-03	2,90E-03	0,24
peso fruto	0,85	1	0,09	3,60E-03	0,01	0,16
mat. seca	0,25	0,59	1	0,26	0,58	0,63
mat. grasa	0,85	0,85	0,42	1	5,80E-06	0,38
mat. grasa seca	0,86	0,78	0,22	0,98	1	0,42
Kg/ planta	-0,44	-0,51	-0,18	-0,33	-0,31	1

Anexo 5. Correlaciones parámetros del aceite

Coeficientes de correlación								
Correlación de Pearson: coeficientes \ probabilidades								
	IC	palmiti	polif	palmito	esteáric	oleico	linoleic	linolen
IC	1	0,03	3,60E-03	0,75	0,62	0,25	0,52	0,10
palmiti	-0,73	1	0,01	0,36	0,13	0,15	0,05	0,25
polif	-0,85	0,81	1	0,99	0,50	0,27	0,57	0,15
palmito	-0,12	0,35	-0,01	1	0,57	0,54	0,07	0,33
esteáric	-0,19	0,54	0,26	0,22	1	0,82	0,09	0,59
oleico	0,43	-0,52	-0,41	-0,24	-0,09	1	0,82	0,48
linoleic	0,25	-0,66	-0,22	-0,63	-0,60	0,09	1	0,92
linolen	0,58	-0,43	-0,53	-,037	-0,21	0,27	-0,04	1
araquid	0,66	-0,52	-0,88	0,24	-0,08	3,80E-03	-0,01	0,43
behenic	0,47	-0,66	-0,70	0,09	-0,46	0,04	0,17	0,59
abs232	-0,41	0,47	0,50	-0,34	0,03	-0,26	-0,31	0,42
abs266	-0,41	0,42	0,12	0,46	0,27	-0,54	-0,58	0,12
abs270	-0,40	0,44	0,11	0,48	0,30	-0,53	-0,63	0,12
abs274	-0,40	0,45	0,11	0,47	0,33	-0,52	-0,65	0,12
deltaK	-1,80E-03	0,27	-0,14	0,36	0,16	-0,26	-0,47	0,08
Peróx	0,72	-0,79	-0,67	-0,12	-0,18	0,49	0,32	0,48
acidez	-0,02	0,09	-0,29	0,18	0,58	-0,10	-0,31	-0,05

Coeficientes de correlación									
Correlación de Pearson: coeficientes \ probabilidades									
	araquid	behenic	abs 232	abs 266	abs 270	abs 274	delta K	peróx	acidez
IC	0,05	0,20	0,27	0,28	0,29	0,29	1	0,03	0,96
palmiti	0,15	0,05	0,20	0,27	0,23	0,22	0,48	0,01	0,83
polif	1,70E-03	0,03	0,17	0,75	0,78	0,78	0,71	0,05	0,45
palmito	0,54	0,82	0,37	0,21	0,20	0,20	0,34	0,76	0,64
esteáric	0,83	0,21	0,94	0,48	0,43	0,38	0,69	0,65	0,10
oleico	0,99	0,93	0,51	0,14	0,14	0,15	0,50	0,18	0,79
linoleic	0,98	0,66	0,42	0,10	0,07	0,06	0,21	0,41	0,41
linolen	0,24	0,09	0,26	0,76	0,76	0,76	0,83	0,19	0,89
araquid	1	0,03	0,27	0,56	0,50	0,51	0,21	0,29	0,13
behenic	0,71	1	0,76	0,36	0,40	0,43	0,85	0,07	0,86
abs232	-0,41	-0,12	1	0,29	0,30	0,30	0,96	0,35	0,55
abs266	0,23	0,35	0,40	1	3,50 E-08	1,60 E-07	0,43	0,63	0,28
abs270	0,26	0,32	0,39	0,99	1	6,40 E-11	0,30	0,54	0,21
abs274	0,25	0,30	0,39	0,99	1	1	0,29	0,52	0,19
deltaK	0,47	0,07	0,02	0,30	0,39	0,39	1	0,17	0,11
peróx	0,39	0,63	-0,36	-0,19	-0,24	-0,25	-0,50	1	0,66
acidez	0,54	0,07	-0,23	0,40	0,46	0,46	0,56	-0,17	1