

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

DESCRIPCIÓN DE LA CALIDAD DE ACEITES DE OLIVA DE LOS CULTIVARES
ARBEQUINA Y CORATINA PARA EL ESTE DEL URUGUAY

por

Bárbara FERRONATO PAGANI

Venancio RIELLA KOIFMANN

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

MONTEVIDEO

URUGUAY

2017

Tesis aprobada por:

Director: _____

Ing. Agr. PhD. Mercedes Arias

Ing. Agr. MSc. Paula Conde

Ing. Agr. MSc. Vivian Severino

Fecha: 2 de agosto de 2017

Autores: _____

Bárbara Ferronato Pagani

Venancio Riella Koifmann

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias y amigos por apoyarnos y querernos siempre.

A Francisco Castells y Enrique Barboza de la empresa “Nuevo Manantial 33” por recibirnos tan amablemente facilitando siempre nuestra tarea y sumándose a este viaje con compromiso y simpatía.

A las chicas del laboratorio de INIA “Las Brujas”, Juliana Bruzzone y Cecilia Martínez y por enseñarnos a trabajar en un laboratorio recibiéndonos incontables veces, con paciencia, ayudándonos a manejar la ansiedad en este largo proceso y repensar.

A Mario.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE FIGURAS Y TABLAS.....	VII
1 <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2 <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1 OLIVICULTURA A NIVEL MUNDIAL.....	2
2.1.1 <u>Producción</u>	2
2.1.2 <u>Consumo</u>	2
2.1.3 <u>Comercio</u>	3
2.2 OLIVICULTURA EN URUGUAY	4
2.3 EL CULTIVO DEL OLIVO.....	6
2.3.1 <u>El olivo y su ciclo productivo</u>	6
2.3.2 <u>El fruto, su crecimiento y desarrollo</u>	9
2.3.3 <u>Requerimientos edafoclimáticos y adaptabilidad al Uruguay</u>	11
2.4 EL ACEITE	13
2.4.1 <u>Lipogénesis</u>	13
2.4.1.1 Expresión del contenido total de aceite o rendimiento graso	14
2.4.2 <u>Proceso de extracción industrial</u>	15
2.4.3 <u>Concepto de calidad en los aceites de oliva</u>	16
2.4.4 <u>Clasificación de los aceites</u>	17
2.4.5 <u>Composición y propiedades del aceite</u>	18
2.4.5.1 Perfil lipídico	22
2.4.5.2 Contenido fenólico.....	24

2.4.5.3	Acidez libre.....	25
2.4.5.4	Índice de peróxidos (IP).....	26
2.4.5.5	Absorbancia UV	28
2.5	DESCRIPCIÓN DE LOS CULTIVARES UTILIZADOS	29
2.5.1	<u>Arbequina</u>	29
2.5.2	<u>Coratina</u>	29
3	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	30
3.1	MATERIALES.....	30
3.2	MÉTODOS.....	31
3.2.1	<u>Parámetros evaluados en fruta</u>	31
3.2.1.1	Índice de madurez (IM)	31
3.2.1.2	Parámetros físicos.....	32
3.2.2	<u>Parámetros evaluados en el aceite</u>	33
3.2.3	<u>Análisis estadístico de resultados</u>	34
4	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	35
4.1	PARÁMETROS FÍSICOS	36
4.1.1	<u>Tenor graso</u>	36
4.1.2	<u>Parámetros de fruto</u>	37
4.2	PARÁMETROS QUÍMICOS	39
4.2.1	<u>Perfil lipídico</u>	39
4.2.2	<u>Contenido fenólico</u>	41
4.2.3	<u>Acidez libre</u>	42
4.2.4	<u>Índice de peróxidos</u>	43
4.2.5	<u>Absorbancia UV</u>	44
4.3	RESUMEN RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45

5	<u>CONCLUSIONES</u>	47
6	<u>RESUMEN</u>	48
7	<u>SUMMARY</u>	49
8	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	50
9	<u>ANEXOS</u>	58

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

Figura No.	Página
1. Ciclo bienal del olivo.....	7
2. Modelo de crecimiento y del tamaño de las células del mesocarpio en frutos del cultivar Manzanilla.....	10
3. Esquema representativo de las etapas fenológicas para el cultivar Arbequina en las condiciones de Uruguay.....	11
4. Esquema componentes de aceites de oliva.....	19
5. Esquema del proceso de enranciamiento (por hidrólisis-lipólisis y por oxidación) de los ácidos grasos.....	20
6. Fases del desarrollo del color de la piel en la aceituna.....	32
7. Determinación de calibres transversales y longitudinales en fruta.....	32
8. Evolución del IM en función de los momentos de cosecha para los cultivares Arbequina y Coratina.....	35
9. Tenor graso de los aceites obtenidos de los cultivares Arbequina y Coratina, para los índices de madurez 1,78; 2,35; 2,7 y 1,25; 1,35; 2,06 respectivamente..	36
10. Contenido fenólico de los aceites obtenidos de los cultivares Arbequina y Coratina para los IM: 1,78; 2,35; 2,7 y 1,25; 1,35; 2,06 respectivamente.....	41
11. Valor de acidez para los aceites de los cultivares Arbequina y Coratina, para los IM 1,78; 2,35; 2,7 y 1,25; 1,35; 2,06 respectivamente.....	42
12. Valor peróxido para los aceites de los cultivares Arbequina y Coratina, para los índices de madurez 1,78; 2,35; 2,7 y 1,25; 1,35; 2,06 respectivamente.....	43
13. Incidencia de los parámetros evaluados sobre los diferentes aspectos que hacen a la calidad en los AOV, su metodología de determinación y rango de valores para ser considerado AOV en relación a los datos obtenidos en el presente trabajo.....	46

Tabla No.

1. Valores de referencia de los parámetros de calidad de los aceites de oliva vírgenes.....	18
2. Resumen de la evolución de parámetros físico-químicos en función del índice de madurez (IM).....	21
3. Límite para el índice de peróxido de los aceites de oliva y de orujo de oliva.....	26
4. Parámetros descriptivos de frutos para los cultivares Arbequina y Coratina para los IM 1,78; 2,35; 2,7 y 1,25; 1,35; 2,06 respectivamente.....	38
5. Valor medio de la composición de ácidos grasos para los cultivares Arbequina y Coratina para los índices de madurez 1,78; 2,35; 2,7 y 1,25; 1,35; 2,06 respectivamente.....	39
6. Relación oleico / linoleico o MUFAs / PUFAs para los cultivares Arbequina y Coratina cosechados en los IM 1,78; 2,35; 2,7 y 1,25; 1,35; 2,06 respectivamente.....	40
7. Valor medio de las distintas absorbancias UV medidas y del parámetro ΔK , para los cultivares Arbequina y Coratina, para los índices de madurez 1,78; 2,35; 2,7 y 1,25; 1,35; 2,06 respectivamente.....	44

1 INTRODUCCIÓN

Cambios en la alimentación a nivel mundial, que incluyen una revalorización de la llamada “dieta mediterránea”, caracterizada entre otros aspectos por el alto consumo de grasas monoinsaturadas, han llevado a un aumento en la demanda mundial del aceite de oliva, lo cual plantea un desafío productivo ya que no se apunta solo a la obtención de grandes volúmenes, sino a un producto diferenciado por su calidad. Estos cambios en el mercado han promovido una expansión desde la tradicional zona de producción mediterránea a nuevas áreas como: Australia, Sudáfrica, Nueva Zelanda y países de la región como Argentina, Chile, Perú e incluso Uruguay (COI, 2015).

En dicho contexto, la olivicultura en Uruguay ha experimentado una importante expansión en los últimos 15 años (promovida fundamentalmente por inversiones de fuera del rubro frutícola), logrando ubicarse como segundo rubro respecto al área de explotación dentro de la fruticultura (precedido por la citricultura), al pasar de ocupar menos de 1000 hectáreas en 2002 a más de 9000 actualmente (MGAP. OPYPA, 2015).

Uruguay se encuentra ubicado entre los paralelos 30° y 35° Sur, ubicación análoga a la región Mediterránea, aunque con condiciones edafoclimáticas diferentes, lo cual plantea un enorme desafío para la producción a nivel local. Sin embargo, estas condiciones disímiles han permitido hasta el momento la obtención de aceites de alta calidad, lo cual queda demostrado en los múltiples premios obtenidos por parte de aceites nacionales en diversos concursos internacionales (ASOLUR, 2016).

Actualmente, existen plantaciones en los 19 departamentos del Uruguay, concentrándose al Este del país, en los departamentos de Maldonado, Rocha y Treinta y Tres (Villamil, 2013). El número total de predios asciende a unos 200, coexistiendo gran número de pequeñas explotaciones con algunas pocas de más de 1500 hectáreas (OPP. PACC 2012, ASOLUR 2016). El principal objetivo productivo es la obtención de aceite de oliva. Para el mismo, hay instaladas en el país unas 20 almazaras de alto nivel tecnológico (MGAP. OPYPA 2015, ASOLUR 2016). El olivar nacional se compone de cultivares que tienen diversos orígenes, entre las cuales destacan: Arbequina, Picual y Manzanilla de origen español; Coratina, Frantoio y Leccino de origen italiano; y el cultivar israelí Barnea, además del griego Koroneiki. De momento no existen cultivares desarrollados en Uruguay. El cultivar más plantado a nivel nacional es Arbequina, el cual representa por sí solo un 50% de la superficie de cultivo, seguido por Frantoio y Coratina los cuales ocupan un 14% y 8% del olivar respectivamente (Villamil, 2015).

En este trabajo, se propone conocer el comportamiento de los cultivares Arbequina y Coratina, para la zona este del país, en cuanto a su rendimiento en aceite y descriptores químicos de su calidad, conforme avanza la madurez de la fruta.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 OLIVICULTURA A NIVEL MUNDIAL

2.1.1 Producción

La producción de aceitunas para la obtención de aceite, ha sufrido importantes transformaciones en las últimas décadas, observándose un aumento de más del doble en los volúmenes producidos a nivel mundial entre la zafra 1990/91 y la campaña 2015/16, pasando de 1,45 millones de toneladas a 3,16 en dicho período (COI, 2015). Dicho aumento podría ser explicado tanto por adelantos tecnológicos en la fase agraria como la incorporación de riego, así como por el aumento en la superficie cultivada y la intensificación productiva (OPP. PACC, 2012).

En dicho período, se mantiene la predominancia de la región mediterránea como la principal zona productora de aceitunas para aceite. Tomando como ejemplo la campaña 2013/14, España fue el responsable del 54,8% de la producción mundial, seguido de Italia con el 14,3% y Grecia con el 4,1%. Se destacan también como países productores Siria con el 5,5% de la producción mundial para la campaña antes mencionada, Turquía con el 4,2% y Marruecos con el 4% (COI, 2015).

En relación a la producción de aceitunas para mesa, la producción mundial para la campaña 2013/14 fue de 2,66 millones de toneladas más del doble de las obtenidas en 1990/91 donde se obtuvieron 0.960 millones de toneladas, siendo los principales países productores de aceitunas con este objetivo para dicha campaña: España 22%, Turquía 16%, Egipto 15%, Argelia 8% y Argentina 5% (COI, 2015).

2.1.2 Consumo

En concordancia con el aumento en la producción, se ha dado en las últimas décadas un marcado aumento en el consumo de aceites de oliva del orden del dos por ciento anual, alcanzando para la cosecha 2014-2015 las 2,9 millones de toneladas, de las cuales, el 55% fue consumido dentro de la Comunidad Europea y cerca de un 10% por los Estados Unidos (COI, 2015).

Si se analiza el consumo anual de aceites de oliva por país, en relación al número de habitantes, se observa una clara diferencia entre los consumos per cápita de países con una fuerte tradición cultural de consumo de estos aceites, donde Grecia encabeza la lista con 21 Kg/habitante en la campaña 2010-2011 seguido por España

(11,9) e Italia (10,8), seguido por países como Siria, Jordania, Tunes, Marruecos, Libia con consumos anuales per cápita del orden de los 3 Kg/habitante (Uruguay XXI, 2014).

En tanto, los países de la región presentan consumos significativamente menores, encabezados por Chile con 800 gramos de aceite por habitante y seguido por Uruguay (400 g), Brasil (300 g) y Argentina (100 g). En términos generales, en la región, se visualiza a Brasil como un gran consumidor y a Argentina como el mayor productor (Uruguay XXI, 2014).

2.1.3 Comercio

Según el Informe de Uruguay XXI (2014) en base a datos de ITC (2015), el comercio de aceites de oliva a nivel mundial se ha mantenido relativamente estable en los últimos años. Al igual que el resto de los commodities, tuvo una fase de crecimiento entre el 2000 y el 2008 que se vio resentida por la crisis mundial del 2009 retomando su crecimiento luego de dicho año pero sin lograr alcanzar los valores del año 2008, donde el comercio global representó 6.209 millones de dólares (1.479 mil toneladas) frente a 5.470 millones de dólares en el 2011 para 1.616 mil toneladas transadas. Los precios para los productos de aceite de oliva se fijan fundamentalmente en tres grandes mercados que son Jaén en España, Bari en Italia y Chania en Grecia; el precio italiano siempre es más alto en comparación a los otros dos.

Importaciones: en el año 2015 se registraron importaciones por 7.559 millones de dólares a nivel mundial, de las cuales Italia representó el 26,5% seguida de Estados Unidos 16,2% y España 8,2%. A nivel regional Brasil ocupa el octavo lugar en dicho ranking de países importadores a nivel mundial con el 3,6% del dinero involucrado en importaciones de aceites de oliva (ITC, 2015).

En cuanto a las exportaciones, se observa para el período comprendido entre el 2011 y el 2015, un sostenido aumento tanto de los volúmenes exportados así como también del dinero involucrado en dichas transacciones que pasa de 5.695 millones de dólares en 2011 a 7.230 en 2015. Los principales países exportadores son: España (40,4% de las exportaciones en U\$S), Italia (22,1), Túnez (12,7), Grecia (9,7). En la región, para el mismo año, Argentina fue el principal exportador con el 1,6% del dinero transado seguido de Chile con el 0,8. (ITC, 2015). Curioso es el caso de Italia, que aparece como uno de los principales importadores y exportadores a al mismo tiempo, lo cual se explica por el alto grado de reexportaciones, dicho país importa aceites (principalmente de España) el cual es reetiquetado con marcas propias y exportado (Uruguay XXI, 2014).

2.2 OLIVICULTURA EN URUGUAY

Se cree que las primeras plantas de olivos llegan a Uruguay desde Buenos Aires, hacia 1780. Lo cual marca un retraso respecto a países de la región, donde los primeros registros datan del siglo XVI para Argentina y México (Caballero, 2013). Dichas plantas, de origen fundamentalmente español, y de los cultivares Arbequina, Picual, Manzanilla y Hojiblanca; e italiano Leccino, Frantoio, Pendolino y Ascolano, se encontraban sobre las costas del arroyo Miguelete, departamento de Montevideo (Uruguay XXI, 2014). Otros autores plantean que durante las invasiones (entre 1680 y 1760) los portugueses podrían haber instalado plantaciones de olivos en Colonia del Sacramento (López y Silveira 2011, Conde y Villamil 2012).

En 1811 Don Francisco Aguilar y Leal, proveniente de las Islas Canarias, asentado en el departamento de Maldonado, y abocado a las plantaciones de pinos, tabaco, olivares, papas y moreras, escribe que *“los gusanos de seda que he traído a Maldonado dan espléndido aumento y un resultado como no era de esperarse las plantas de olivos”* (Ellis, citado por López y Silveira, 2011).

La Asociación Rural del Uruguay, creada en 1870, apostó a la difusión de nuevos rubros de huerta, el fortalecimiento de la fruticultura y de una tríada mediterránea: la vid, el olivo y el gusano de seda (ARU, citado por López y Silveira, 2011).

Ya sobre la década de 1890, existen reportes de plantaciones de olivos para extracción de aceite en el Castillo de Mauá (Soriano). Así como también en los jardines del Colegio Santa Clara en el cerro de Montevideo se encuentran olivos de más de 160 años. En 1934 se introduce en la Estación Experimental de la Facultad de Agronomía de Salto, San Antonio, una colección de materiales de origen italiano y español, algunos de los cuales se encuentran aún en producción (Conde y Villamil, 2012).

En 1937 se aprueba una Ley fomentando el desarrollo de la olivicultura nacional (mediante exoneraciones tributarias y promoción de la plantación, entre otras medidas), derivando en un aumento del área explotada, la cual asciende a las 1000 hectáreas para el 1950, ubicadas principalmente en los departamentos de Paysandú, Salto, Río Negro y Montevideo. Al tiempo que se instala en Paysandú la primer planta de extracción de aceite (o almazara) en el establecimiento “Los Olivos” y la segunda en Río Negro en el establecimiento “Los Ranchos”, esta última aún en producción, y siendo la primera marca que realizó exportaciones de aceite a Europa (Conde y Villamil, 2012).

A partir de 1970 el rubro comienza a decaer al tiempo que gana espacio otro cultivo frutal con mayor rentabilidad en ese momento, la citricultura. A nivel mundial, el consumo de aceite de oliva es desalentado en favor de los aceites refinados (Uruguay XXI, 2014).

Para el año 2002 comienza una nueva etapa del cultivo en el país, lo que se conoce como olivicultura moderna, impulsada fundamentalmente por una creciente demanda de alimentos saludables a nivel mundial y debido a los altos costos de producción en los países europeos (Uruguay XXI, 2014). Esta nueva olivicultura, trae consigo un renovado concepto de intensificación, con mayor densidad de plantación (300 plantas/hectárea), respecto a aquellas implantadas a principios del siglo XX que manejaban unas 90 a 100 plantas/hectárea (Caballero, 2013).

A las plantaciones del litoral se suman nuevas, ubicadas en los departamentos de Colonia, Soriano, Lavalleja, Maldonado, Rocha, Canelones, Florida, Durazno, Rivera y Treinta y Tres. Esta expansión es acompañada por la instalación de nuevas plantas de procesamiento con importante incorporación de tecnología (Uruguay XXI, 2014).

Este renacer de la olivicultura es acompañado por un fuerte impulso desde la investigación llevada adelante por diversas instituciones entre las cuales destacan el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Facultad de Agronomía y Facultad de Química (UdelaR), la Agencia Nacional de Investigación e Innovación entre otras (OPP. PACC, 2012).

Con el propósito de desarrollar el Conglomerado Olivícola, en el año 2012 se incluye al rubro dentro del Programa de Conglomerados y Cadenas Productivas, trabajo en el que participan: instituciones de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, instituciones del sector privado, empresas y el gobierno. En tal sentido, el consultor español Manuel Parras junto con la Asociación Olivícola Uruguay (ASOLUR) realizó un exhaustivo informe sobre el sector (OPP. PACC, 2012) incluyendo un análisis de tipo FODA. Las principales conclusiones obtenidas se resumen a continuación.

Fortalezas: la excepcional calidad de los aceites virgen extra; la orientación hacia la calidad del sector productivo; los estrechos vínculos entre la Facultad de Agronomía, Facultad de Química e INIA; existencia de un sector oleícola tecnológicamente avanzado en el cultivo del olivar y en la elaboración de aceites; existencia de un buen modelo de representación del sector a través de ASOLUR.

Oportunidades: aumento en la demanda de alimentos saludables, inocuos, naturales y de calidad, acompañado de una concientización de los consumidores acerca de la relación dieta-salud; demanda creciente por parte de un grupo selecto de consumidores de productos vinculados al buen gusto, exclusivos, de autor, entre los que se incluye el aceite de oliva; reconocimiento mundial de las propiedades terapéuticas y saludables de dicho aceite; aumento del consumo de aceite de oliva per cápita en países con alto nivel de renta; consideración del olivar como un agroecosistema de alto valor medioambiental; desarrollo del oleoturismo; tendencia mundial a incrementar la vigilancia del cumplimiento de parámetros físico-químicos, organolépticos y de autenticidad de los aceites de oliva; adhesión del Uruguay Consejo Oleícola Internacional (COI).

Debilidades: falta de posicionamiento como país productor a nivel internacional; tendencia de los productores a tener marca propia y como consecuencia, atomización del mercado; escasa presencia de los aceites de oliva nacionales en el mercado interno; ausencia de un sistema de trazabilidad, sistemas de certificación de productos, procesos y servicios; escaso desarrollo de técnicas en lo que hace al tratamiento de residuos y efluentes; concepción de algunos productores de la actividad oleícola como un negocio más que como una actividad productiva; pocas plantas de producción lo que genera gran dependencia por parte de los productores.

Amenazas: generación de excedentes de producción; escaso consumo de aceites de oliva (de cualquier categoría) en el país, acompañado de un gran desconocimiento de los criterios de calidad por parte de la población; existencia en el mercado de sustitutos del aceite pero de menor costo; confusa denominación de los aceites que perjudican la demanda de aceite de oliva virgen extra; falta de aplicación de la legislación vigente para el ingreso de aceites importados a Uruguay.

2.3 EL CULTIVO DEL OLIVO

2.3.1 El olivo y su ciclo productivo

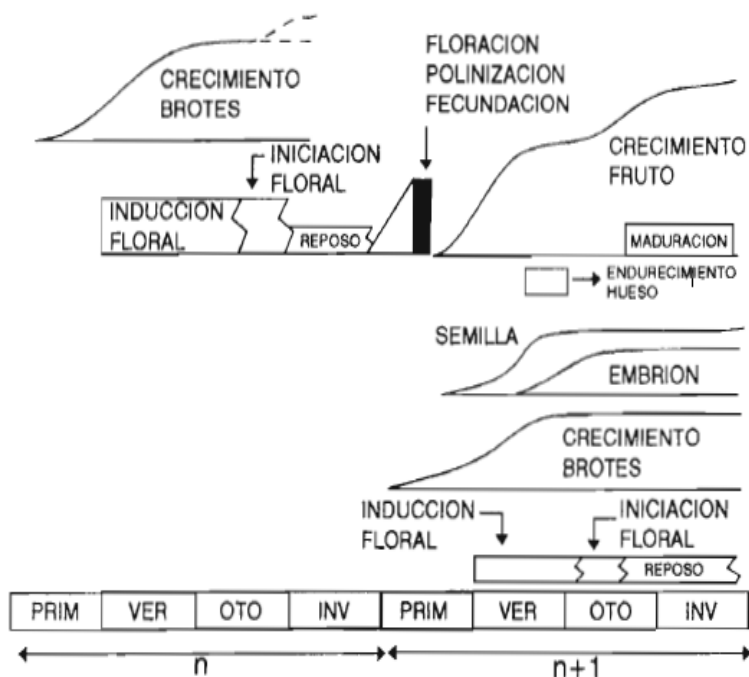
El olivo, *Olea europaea* L., es la única especie con fruto comestible perteneciente a la familia botánica Oleaceae, dentro de la cual se encuentran otras especies de interés como el fresno, el ligustro y el jazmín. Dentro del género *Olea*, existen unas 35 especies. Si bien no existe un consenso en la división dentro de la especie *Olea europaea*, se distingue la subespecie sativa (el olivo cultivado) de sus parientes silvestres (*sylvestris*), los acebuches. Esta especie, es una de las primeras plantas cultivadas, encontrándose registros de su cultivo en la zona de Palestina desde hace más de 6000 años (Civantos, 2008).

El olivo, es un árbol leñoso, con crecimientos secundarios que permanecen por varios años; a la vez que policárpico (con varios ciclos productivos durante su vida), esto lleva a que el crecimiento y desarrollo de cada año, estarán determinando el del siguiente ciclo productivo, por lo que el objetivo será comprender y manejar el compromiso entre la producción de un año y el manejo de las reservas para los siguientes (Arias y Severino, 2013).

Al igual que en el resto de los frutales, el ciclo reproductivo, como se observa en la Figura 1, se caracteriza por ser bienal (requiere de dos ciclos anuales de crecimiento para obtener un fruto), dándose una convivencia en un mismo momento de las estructuras que sustentarán la producción de este año (flores, frutos), con el

crecimiento e inducción (de los brotes y yemas) en las que se sustentará la producción del siguiente año (Rallo 1994, Arias y Severino 2013).

Figura 1. Ciclo bienal del olivo.



Fuente: Rallo (1994).

La planta de olivo cultivada es un árbol de tamaño medio que dependiendo del sistema de plantación y condiciones edafoclimáticas desarrolla una altura de 4 a 8 metros y que puede permanecer vivo y productivo por cientos de años. Las plantas de semilla presentan una fase juvenil (caracterizada por la incapacidad intrínseca de la planta de florecer aún expuesta a condiciones para que esto suceda) que dura de 5 a 8 años hasta alcanzar la fase adulta y productiva (Rapoport, 2008). Con el fin de acelerar la entrada en producción (saltando la fase juvenil), buscando homogeneidad y autenticidad varietal entre las plantas en cultivo, y dada la capacidad de las ramas del olivo de enraizar con relativa facilidad es que actualmente el cultivo se propaga de forma vegetativa mediante estaquillas enraizadas, sin utilización de portainjertos en general. Esta forma de propagación determina que las raíces sean de origen adventicio, en general superficial, y de pobre anclaje (en comparación con sistemas radiculares de plantas de semilla) dependiendo también de las condiciones del suelo (Westwood, 1982).

El olivo es una planta perenne, cuyas hojas viven en promedio de dos a tres años. Son hojas simples, lanceoladas, más largas que anchas, de pecíolo corto y nervadura central muy marcada, y se disponen de forma decusada (formando un ángulo

de 90° entre las dos hojas opuestas de un nudo y el siguiente). La estructura de las hojas del olivo proporciona cierta adaptación a ambientes secos, dada por su color oscuro, y gruesa cutícula en la cara adaxial, y un color más claro y plateado en el envés, dado por la abundancia de tricomas (pequeños pelos) que protegen a los estomas quienes solo se encuentran en esta cara, disminuyendo así las pérdidas de agua por transpiración (Rapoport, 2008). El crecimiento de los brotes vegetativos está fuertemente determinado por la carga de fruta, y es de gran importancia ya que en ellos se sostendrá la producción del siguiente año. Estos crecimientos se dan en varios flujos, siendo de mayor importancia el del inicio del verano, los crecimientos de primavera suelen ser de menor magnitud debido a la competencia con la floración. Durante el invierno, donde las temperaturas no son favorables, las brotaciones son mínimas (Fichet y Loreto, 2013).

La floración de estas plantas se da fundamentalmente en las axilas de los nudos de los crecimientos del año previo. El proceso por el cual las yemas de dichos nudos determinan el inicio de la expresión de un programa génico que conduzca hacia la floración se denomina “inducción floral” y este ocurre durante los meses del verano y principios de otoño. Las yemas que hayan sido inducidas a florales, comenzarán a diferenciar progresivamente las distintas partes de la inflorescencia, dicha diferenciación comienza luego de la inducción, en verano-otoño, no se aprecian cambios visibles durante el invierno cuando el olivo atraviesa por una fase de reposo debido a las temperaturas poco favorables para su desarrollo, hacia la primavera, dichas yemas continuarán su diferenciación hasta la floración que ocurre para nuestras condiciones hacia los meses de setiembre-octubre. La oferta de frío durante el invierno, sería necesaria para una correcta diferenciación y floración concentrada (Fernández-Escobar et al., 1992). Las flores se disponen en inflorescencias de tipo paniculadas, caracterizadas por presentar un eje central, del cual salen ramificaciones que a su vez puede tener ramificaciones laterales. Dependiendo del cultivar y condiciones de cultivo estas inflorescencias pueden tener de 10 a 40 flores. Las inflorescencias contienen flores perfectas (hermafroditas) y pueden tener flores imperfectas, estaminíferas (masculinas) las cuales pueden llegar a alcanzar el 50% del total de flores dependiendo del cultivar y condiciones de cultivo. Las flores son pequeñas, con simetría regular, presenta cuatro pétalos blancos unidos en la base, con estambres prominentes de color amarillento (Rapoport, 2008).

La polinización (transferencia de polen hasta el estigma) y fecundación son indispensables para la obtención de frutos con valor comercial (si bien pueden desarrollarse frutos partenocárpico, denominados “zofairones”, sin fecundación, estos carecen de valor económico). La polinización es anemófila (por medio del viento), por lo que las condiciones climáticas (humedad principalmente, temperatura y viento) en dicho momento son determinantes del éxito de la polinización. El olivo es una especie preferentemente alógama que se ve favorecida por la fecundación cruzada; la autofecundación depende del cultivar, encontrándose diferentes grados de autocompatibilidad entre los mismos (Rapoport, 2008).

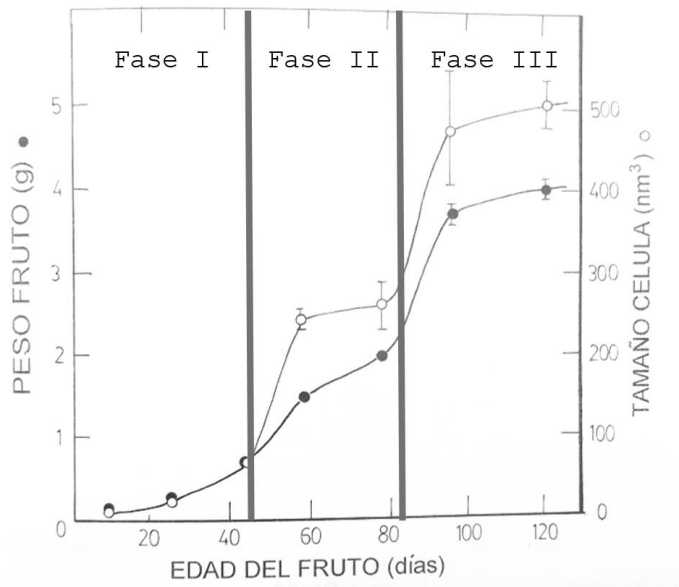
2.3.2 El fruto, su crecimiento y desarrollo

Seguido de la fecundación, se da una fase denominada, cuajado, donde gran parte de las estructuras florales caerán (abscisión), permaneciendo sobre la planta solo algunas de aquellas flores que fueron polinizadas, y fecundadas, dependiendo fundamentalmente de la capacidad hormonal y nutritiva de la planta, los cuales continuarán su desarrollo hasta alcanzar un fruto maduro.

El fruto, la aceituna, según Pinheiro et al. (2001), tiene una forma elipsoidal o globosa, la cual depende fuertemente del cultivar. Botánicamente se trata de una drupa al igual que la ciruela o el durazno. Presenta una sola semilla, y tres tejidos principales: endocarpo (hueso, o carozo), mesocarpo (la pulpa) y el exocarpo (la piel).

El crecimiento del fruto, al igual que el resto de las drupas podría representarse con una curva doble sigmoidea, con tres fases marcadas, como se observa en la Figura 2. La fase I dura unas 6-8 semanas, desde la polinización hasta el comienzo del endurecimiento del carozo, se caracteriza por una multiplicación celular a tasa creciente, la cual definirá el tamaño final del fruto. Durante esta etapa continuará la abscisión de pequeños frutos, cuando esta termina, queda definido el número de frutos que llegarán a cosecha (si no ocurre ningún estrés severo) el cual no suele ser superior a los 4-11 frutos cada 100 flores, trabajos realizados a nivel nacional reportan cuajados del orden del 10% para el cultivar Arbequina (Fourmen y Politi, 2008). La fase II se caracteriza por ser de lento crecimiento, donde se observa el endurecimiento del carozo, el mayor desarrollo del embrión y la semilla, y es aquí cuando comienza la acumulación de ácidos grasos. Durante la fase III se observa una recuperación en la tasa de crecimiento, con grandes incrementos en el tamaño del fruto dado fundamentalmente por una elongación y acumulación de aceite en las células generadas durante la fase I. Esta fase termina con el inicio del cambio de color de la epidermis del fruto, a la vez que la semilla ha alcanzado su madurez (Rapoport, 2008). Otros autores distinguen una cuarta Fase, desde el inicio del cambio de color hasta que el fruto alcanza una coloración negra-violácea (característica del cultivar). La aceituna inmadura presenta un color verde que vira a amarillento como consecuencia de la reducción en el contenido de clorofila, acompañada de una acumulación de antocianos que determina la intensidad de color que puede ir del rojizo al violáceo o negro. En la mayoría de los cultivares la coloración de la piel comienza en el ápice y avanza hacia el extremo opuesto, luego comienza a colorearse el mesocarpo hasta llegar al hueso (Beltrán et al., 2008).

Figura 2. Modelo de crecimiento y del tamaño de las células del mesocarpio en frutos del cv Manzanilla.



Fuente: adaptado de Lavee, citado por Barranco (2008b).

La evolución del color de la piel y la pulpa de la fruta es cuantificada mediante el modelo de Ferreira 1979. Este modelo clasifica a las aceitunas en ocho categorías, donde cero corresponde a frutos verde intenso y 7 a frutos con la piel y pulpa morada hasta el hueso (Beltrán et al., 2008). Este índice de color, llamado “Índice de Madurez” (IM) es utilizado comúnmente como criterio de cosecha por su fácil determinación, sin embargo su relación con otros procesos bioquímicos que hacen a la madurez y calidad de aceite es variable por lo que su utilidad es acotada. Uno de los factores que hacen a sus limitaciones, es el efecto de la carga de fruta sobre la evolución del color. Por otro lado la evolución del color y su asociación con el tenor graso es directamente dependiente de la variedad. En estas condiciones cada variedad tendrá un óptimo diferente respecto del índice de madurez. Así por ejemplo, Hermoso, citado por Barranco et al. (2008a) considera que se debería cosechar con un IM de 3,5 ya que es el momento en que se ha alcanzado la máxima acumulación de aceite, sin embargo en estudios a nivel nacional (Fourment y Politi 2008, Villarino y Cabrera 2011) la mayoría de los cultivares no logran alcanzar dicho valor de IM.

En la Figura 3, se resume la información generada a nivel nacional sobre los momentos que se suceden los estadios fenológicos anteriormente mencionados para el cultivar Arbequina, el más plantado en nuestras condiciones.

Figura 3. Esquema representativo de las etapas fenológicas para el cultivar Arbequina en las condiciones de Uruguay.

Envero - Maduración													
Desarrollo del fruto						■							
Floración				■									
Desarrollo vegetativo	■	■				■			■			■	
	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	

Fuente: Fourment y Politi (2008), Conde et al. (2015).

2.3.3 Requerimientos edafoclimáticos y adaptabilidad al Uruguay

El olivo, originario de la región del sur del Cáucaso, Irán, Palestina, y zona costera de Siria, se extendió hacia Chipre, y luego de Creta a Egipto hasta alcanzar todos los países ribereños del Mediterráneo de donde hoy se considera “típico”. Hacia el siglo XV se extiende al “nuevo mundo” con los viajes de Colón, y hoy en día también se cultiva en países como Sudáfrica, Australia, China y Japón. Desarrollándose entre las latitudes 30° y 45° tanto del hemisferio Norte como Sur, en regiones de clima típico mediterráneo pero desplazándose también a regiones más tropicales (Fernández-Escobar, 2008).

Es un cultivo considerado “rústico”, adaptado a las condiciones de suelo y clima de su zona de origen. Dada su alta adaptabilidad a diversas condiciones, ha sido históricamente cultivado en regiones marginales, donde no prosperan otros cultivos más exigentes, como laderas y cerros de campiñas y sierras calcáreas así como también terrazas, llanuras aluviales o terrenos silíceos. Lo cual no quita que se puedan obtener mejores resultados productivos si se lo cultiva en condiciones que le sean más favorables (Fernández-Escobar, 2008).

El clima mediterráneo se caracteriza por presentar inviernos suaves y veranos cálidos y secos, con precipitaciones de 250-550 mm (Solé-Riera 1990, Girona 1996). El olivo es sensible al frío, más que otros frutales caducos, igualmente durante el reposo invernal es capaz de soportar temperaturas inferiores a 0°C. Durante el período de crecimiento temperaturas menores a cero grados ocasionan serios daños en los tejidos. Así mismo la especie presenta requerimientos de frío durante el invierno para una correcta brotación-floración de primavera. Las temperaturas óptimas para su desarrollo son de 25-28°C, viéndose drásticas reducciones en el balance de carbono por debajo de los 5°C y por encima de los 35°C (Barranco et al., 2008a).

Dada la alta adaptación del cultivo a ambientes semiáridos (como el mediterráneo) tradicionalmente se ha considerado al olivo como un cultivo de secano (Giménez et al. 1997, Tognetti et al. 2007). Dicha adaptación a ambientes secos, no debe interpretarse como un requerimiento del cultivo, ya que aportes de agua sobre todo en un período crítico como lo es desde pre-floración a maduración (Guerrero, 2003) logran incrementar la producción tanto de fruta como de aceite (Gucci et al., 2004).

En tanto el clima del Uruguay, se caracteriza por ser de tipo templado-húmedo, zona subtropical templada (MAP. CIAAB, 1971), con una temperatura media anual de 17,7°C con una tendencia incremental de sur (con temperaturas medias de 16,6°C) a norte (19,8°C). Las medias a nivel país para enero (el mes más cálido) son de 24°C, y de 11,6°C en julio (mes más frío), con inviernos suaves de entre 500 y 600 horas de frío. En relación a las precipitaciones, la media anual es de 1200 mm para el sur, y 1400 mm anuales para el norte del país. Analizando montos acumulados de precipitaciones para series de años, no se aprecian estaciones más secas o más lluviosas definidas, con medias mensuales de 90 mm pero con una gran variabilidad entre años que determina que las precipitaciones registradas para un mes particular de un año particular se alejen en gran medida de esas medias, y que la previsibilidad para este parámetro sea de muy baja magnitud. La humedad relativa promedio anual para el país es de 70-78% destaca la baja variabilidad interanual de este parámetro. Se registran temperaturas por debajo de 0°C (heladas) típicamente entre el 1° de mayo y el 31 de octubre, siendo julio el mes en que se registra mayor número de heladas (entre 7 y 11) y el menor en octubre con menos de un día con heladas en la serie de años evaluados (Castaño et al., 2011).

En cuanto a los suelos, si bien como se ha mencionado, el olivo es capaz de desarrollarse en suelos marginales, se ve beneficiado al desarrollarse en suelos de mejor aptitud. Para un correcto desarrollo del cultivo y su producción, se debe prestar atención a algunas características de los suelos, principalmente sus parámetros físicos. El suelo debe tener una textura y porosidad tal que permita un adecuado desarrollo radical a la vez de permitir la infiltración (característico de suelos francos), se busca a su vez una profundidad efectiva de al menos 0,8 metros. Suelos muy arenosos tendrán buena aireación e infiltración pero pobre capacidad de retener agua y nutrientes, en cambio suelos muy arcillosos con baja capacidad de infiltración, permeabilidad e aireación dificultarán el desarrollo radical (Docampo y Silva, 2013). Dentro de las propiedades químicas de los suelos, el pH es la de mayor importancia, tolerando suelos con un amplio rango (en comparación a otros frutales) que va de 5,5 a 8,5 (Fernández-Escobar, 2008) a la vez que es considerada una especie con gran tolerancia a la salinidad (COI, 2007). En términos generales, las limitantes químicas son subsanables con mayor facilidad mediante el agregado de fertilizantes o enmienda, que las limitantes físicas que son complejas y costosas de levantar.

En relación a los suelos de Uruguay, si bien posee una reducida extensión, sin grandes accidentes geográficos, y un clima muy similar en todo el territorio, presenta

una gran variabilidad en cuanto a tipos de suelos en las diferentes regiones. Explicado en parte por la gran diversidad de litología en los materiales geológicos que los originan, que asociados a la topografía y drenaje del terreno generan grandes diferencias en los tipos de suelos que se desarrollan (Durán et al., 2007). Esto determina, que las plantaciones de olivos en Uruguay, se encuentran sobre suelos muy diversos; desde suelos arenosos y profundos típicos de la región noreste, a suelos pesados (con acumulación de arcilla en el horizonte B) del sur, o superficiales en el este; con diferencias importantes en su granulometría, en relación a su capacidad de retención hídrica y drenaje, en su nivel de riesgo a la erosión, en su fertilidad natural, etc., que hacen imperiosa la necesidad de conocer los suelos sobre los que se pretenda implantar un monte, a fin de determinar la pertinencia o no de utilizar ese sitio, y brindarle al cultivo las mejores condiciones posibles para su desarrollo.

De lo anterior se desprende, que pese a que Uruguay se encuentra dentro de las latitudes entendidas como adecuadas para el cultivo del olivo, las condiciones edafoclimáticas locales aparecen como un gran desafío para este cultivo con poca historia productiva en el Uruguay. Gran diversidad de suelos en áreas muy pequeñas, con diferentes limitaciones para el olivo y a su vez distintas a las existentes en la zona mediterránea. Sumado a un clima altamente variable, con una muy alta pluviometría anual, pero sin certeza de la distribución de esas lluvias en el año, lo que puede determinar problemas de sequía en períodos de gran importancia para el cultivo como floración-cuajado, o momentos de excesos hídricos que determinan encharcamientos, asfixia radicular y pobre desarrollo o incluso muerte de las plantas. Destacan a la vez, problemáticas asociadas a suelos demasiado ácidos para el correcto desarrollo del cultivo, y grandes problemas sanitarios causados por hongos que encuentran en nuestras condiciones de temperatura y humedad un adecuado medio para su desarrollo. Esos son algunos de los mayores desafíos que debe afrontar el rubro en nuestras condiciones.

2.4 EL ACEITE

2.4.1 Lipogénesis

En las aceitunas, el aceite es sintetizado en las mitocondrias de las células oleíferas a partir del Acetil-CoA. Este compuesto deriva de la glicólisis de los carbohidratos, que llegan a las aceitunas gracias a la translocación de los fotoasimilados desde las hojas hacia los frutos (Wang y Hildebrand, 1988). El aceite, una vez formado, atraviesa el citoplasma y es almacenado, principalmente como material reserva, en la cavidad vacuolar, mientras una pequeña parte restante, queda dispersa en el citoplasma (Angerosa, citado por Hurtado et al., 2013). Los lípidos representan del 10 al 30% del peso fresco del fruto, y se concentran en la pulpa hasta un 98%. En el endocarpo los lípidos están prácticamente ausentes, mientras que las semillas contienen un porcentaje de grasa de entre 20 a 28% de su peso (Tombesi, citado por Hurtado et al., 2013).

La acumulación de aceite en la aceituna se ajusta a una curva de tipo sigmoidea, la cual presenta su máxima acumulación luego del endurecimiento de carozo. En ella pueden identificarse tres fases distintas durante el proceso de acumulación de aceite: fase de biosíntesis lenta, la cual se extiende desde los frutos recién formados hasta endurecimiento de carozo, y en la cual se sintetizan principalmente lípidos estructurales; fase de biosíntesis acelerada, en la cual se sintetizan diglicéridos y triglicéridos y se produce desde el endurecimiento de carozo hasta final de la estación de crecimiento; y por último fase estacionaria o de ralentización (Beltrán et al., 2008).

Si bien la acumulación de aceite está determinada genéticamente y por lo tanto dependerá del cultivar, debe destacarse que la lipogénesis se ve afectada por otros factores como ser: la temperatura, así olivos en zonas de temperaturas más elevadas pueden alcanzar mayor acumulación de ácidos grasos (Fichet y Loreto, 2013), y la carga de fruta sobre el árbol, en olivos con altas cargas la acumulación de aceite será más lenta y posiblemente no se alcance el óptimo, aún en condiciones de temperaturas favorable (Tous et al., 1997). Otros factores agronómicos o de manejo, como ser la disponibilidad hídrica podría jugar un rol importante afectando la fisiología general del árbol y su actividad fotosintética y por consiguiente la biosíntesis lipídica (Alfei et al., citados por Hurtado et al., 2005), bajo condiciones de estrés hídrico severo se reporta una baja acumulación de aceite acompañada de una baja relación pulpa/carozo (Levee y Wonder, 1991).

Terminada la fase de ralentización, entre 25-29 semanas después de plena flor (DPF), la formación de aceite en el fruto se detiene (Beltrán et al., 2008), coincidiendo con el mes de marzo o abril para nuestras condiciones. Sin embargo, el momento en que esto ocurre no se correlaciona siempre con un mismo valor de IM. Para el cultivar Picual este momento coincide con un IM de 3,5, lo que se corresponde con el momento en que la mayoría de los frutos se encuentra en envero, pocos están negros, y aún quedan frutos verde-amarillentos (Beltrán et al., 2008). En Arbequina, el máximo porcentaje de aceite se correspondió a los índices de madurez entre 2 y 3, y con el avance del IM el porcentaje de aceite obtenido disminuyó gradualmente (Gómez-González et al., 2011). En tanto García et al. (1996) afirman que el contenido de aceite en fruta para una serie de cultivares en los que incluyen a Arbequina se mantuvo prácticamente sin cambios para distintos IM. Esta evidencia cuestiona al IM como único criterio de cosecha, y señala al tenor graso como indicador directo.

2.4.1.1 Expresión del contenido total de aceite o rendimiento graso

El contenido total de aceite que contiene la aceituna se mide de dos formas; mediante una extracción química que se realiza en laboratorio (tenor graso teórico) y se utiliza como indicador de avance de la lipogénesis, y por otro lado, mediante extracción

física, proceso de extracción industrial que se utiliza en las almazaras, único proceso que dará un aceite virgen según COI (2016).

El rendimiento teórico, potencial de aceite, o tenor graso, se determina según el método de extracción en Soxhlet con hexano (AOAC, 1990) y el contenido de humedad (%) mediante secado en estufa de aire forzado a 105°C (AOAC, 1990). En tanto, se entiende como rendimiento real, al obtenido en la planta extractora de aceite, y se calcula como: volumen de aceite obtenido por 0,915 (densidad del aceite de oliva) dividido peso de las aceitunas, por 100, obteniendo así el porcentaje de aceite real en base fresca.

Siempre el contenido graso teórico será mayor al real ya que el solvente orgánico es capaz de extraer todo el aceite que la aceituna acumuló, en tanto la extracción mecánica es más ineficiente y depende principalmente del cultivar, del índice de madurez de la fruta, estado hídrico y de las condiciones de procesamiento de la almazara.

Durante la maduración, finalizada la síntesis lipídica, el contenido de aceite de la fruta expresado en base seca varía muy poco, distinto es el resultado si se lo expresa en base húmeda, ya que las aceitunas suelen perder agua a medida que maduran pero mostrando variaciones notables como consecuencia de factores climáticos (Beltrán et al. 2008, Feippe et al. 2010a).

2.4.2 Proceso de extracción industrial

La obtención del aceite de oliva desde la fruta consta de tres procesos básicos: la molienda de la fruta, el batido o amasado de la pasta obtenida y la separación del aceite del resto de los constituyentes del fruto.

En la antigüedad este proceso se realizaba de forma discontinua, moliendo las aceitunas en molinos de piedra, la pasta obtenida se batía y luego se extraía el aceite mediante por prensado en capas de capachos, finalmente el aceite se decanta y filtra para su almacenamiento.

El proceso de extracción moderno o continuo de aceite consiste básicamente en una molturación de la fruta con molinos de martillo de acero inoxidable que rompen la fruta por impacto, un batido atemperado de la pasta, una separación de las fases a través de un decánter y una posterior separación de los líquidos mediante centrifugas verticales. Durante el batido de la pasta, se busca la salida del aceite de sus células de contención, permitiendo que las gotas pequeñas que se van liberado colisionen con otras para formar gotas más grandes que luego fluyen como hilos que se separan del resto de la masa, el tiempo y la temperatura son las variables más importantes a tener en cuenta en este paso, y dependerán de la materia prima y producto buscado, manejándose por lo general

temperaturas de entre 25 y 30°C. Estos sistemas continuos pueden ser denominados de dos o tres fases, en referencia a la cantidad de fases que se separan con el decánter. El decánter consta de un recipiente cilíndrico alargado con un extremo cónico en cuyo interior gira un rotor hueco provisto de aletas helicoidales, al girar el rotor a una velocidad superior a la del recipiente los sólidos salen por un extremo, mientras que por el opuesto salen los líquidos (Melgarejo, 2013).

En los sistemas continuos de tres fases se obtiene una parte acuosa (alpechín), una oleosa (aceite) y una sólida (orujo). En este sistema debe adicionarse una determinada cantidad de agua cuando la pasta entra al decánter para reducir la viscosidad de la misma y lograr mayor eficiencia en la separación de las fases.

En los sistemas continuos de dos fases, el decánter consta de dos salidas: una fase sólida (alperujo, alpechín más orujo) y una fase oleosa (aceite). Para facilitar la separación de los sólidos, previo a la entrada de la pasta al batido, se le puede incorporar cierta cantidad de agua.

El sistema de dos fases se ha impuesto al de tres fases a nivel mundial porque reduce el volumen de residuos producidos, además de que, desde el punto de vista de la calidad del aceite es superior, porque conserva un mayor contenido de fenoles y sustancias aromáticas (Melgarejo, 2013), también en Uruguay prevalece el sistema de dos fases (OPP. PACC, 2012).

2.4.3 Concepto de calidad en los aceites de oliva

Definir calidad, involucra multiplicidad de aspectos, muchos de los cuales son subjetivos. Podría definirse calidad como aquellas características intrínsecas a un producto que permiten definirlo como igual, mejor o peor que otros de su misma especie en relación con la finalidad de su utilización; o como la combinación de atributos o características de un producto que determinan la aceptabilidad por el usuario (Gould, 1992). Así como ISO (2015) define calidad como “*el conjunto de propiedades y características de un producto, de un proceso o de un servicio que le confieren su capacidad de satisfacer necesidades implícitas o explícitas*”; o la expresión de un nivel de excelencia, una forma de distinción con respecto a cosas similares, que justifica que se la busque (FAO, 2004).

Podría desglosarse la calidad de los aceites de oliva, en diferentes atributos, como ser: la calidad nutricional, higiénico-sanitaria, sensorial, reglamentaria, entre otros.

La calidad nutricional, sus beneficios para la salud de los consumidores, está dada fundamentalmente por: su alto contenido de grasas monoinsaturadas (ácido oleico), asociadas a la reducción de la colesterolemia, por tanto a la prevención de enfermedades cardiovasculares; y por su contenido de antioxidantes naturales, con acción preventiva

contra procesos inflamatorios, el envejecimiento precoz, accidentes cardiovasculares, la ruta del cáncer, entre otros (Montedoro y Baldioni, citados por Hurtado et al., 2013).

La calidad higiénico-sanitaria o de seguridad alimentaria hace referencia a la ausencia de sustancias contaminantes no compatibles con la salud de los consumidores, para el caso de los aceites podría tratarse básicamente de agroquímicos (herbicidas, pesticidas, fertilizantes) u productos utilizados en la industria (Montedoro y Baldioni, citados por Hurtado et al., 2013).

Dada la incapacidad de predecir de forma absoluta la calidad solamente por análisis fisicoquímicos, ya que los compuestos de un alimento son numerosos y sus interacciones complejas y desconocidas, el control de calidad requerirá de una evaluación sensorial, entendida como disciplina científica que estudia la relación del producto con los órganos de los sentidos de los consumidores (Gámbaro, 2013b).

Por todo lo anterior, es que la calidad en los aceites de oliva, se encuentra definida por reglamentos internacionales tanto de la Comunidad Europea, el Consejo Oleícola Internacional (COI), y el Codex alimentarius, que determinan una serie de parámetros fisicoquímicos pero también organolépticos (sensoriales) que permiten clasificar a los Aceites de Oliva Vírgenes (AOV) en diferentes categorías que serán las únicas aceptadas para su comercialización, como se desarrollará más adelante (Hurtado et al., 2013).

2.4.4 Clasificación de los aceites

El artículo 2.2.1 de la Norma Comercial del Consejo Oleícola Internacional (2016) establece que: *“el aceite de oliva es el aceite procedente únicamente del fruto del olivo (Olea europaea L.), con exclusión de los aceites obtenidos por disolventes o por procedimientos de reesterificación y de toda mezcla con aceites de otra naturaleza”* y define además en el punto 2.1.1.1 que: *“los aceites de oliva vírgenes son los aceites obtenidos del fruto del olivo únicamente por procedimientos mecánicos o por otros medios físicos en condiciones, especialmente térmicas, que no produzcan la alteración del aceite, que no haya tenido más tratamiento que el lavado, la decantación, la centrifugación y el filtrado”*. Definiendo las categorías virgen extra (VE), virgen (V) y virgen corriente (VC) en función de los parámetros que lucen en la Tabla 1 y que se describen más adelante. Dicha norma también determina la proporción que un aceite denominado virgen debe presentar de cada ácido graso (Anexo 1), no encontrándose diferencias en dichos rangos para las categorías extra virgen, virgen, o virgen corriente.

Por consiguiente, se aceptan estas tres calidades diferentes de aceites de oliva vírgenes como comestibles. Cuando un aceite de oliva virgen no cumple con los requisitos de la norma para ninguna de estas tres calidades, no puede ser comercializado

como comestible y pasa a denominarse “lampante”, y el mismo debe destinarse a las industrias de refinado o a usos técnicos (COI, 2016).

Tabla 1. Valores de referencia de los parámetros de calidad de los aceites de oliva vírgenes.

	Virgen extra	Virgen	Virgen corriente
Acidez (%)	≤ 0.8	≤ 2.0	≤ 3.3
Índice de peróxidos (milieq./Kg)	≤ 20	≤ 20	≤ 20
K270	0.22	≤ 0.25	≤ 0.30
ΔK	≤ 0.01	≤ 0.01	≤ 0.01

*En el Anexo 2, se presenta un esquema donde figuran las categorías de aceites no vírgenes.

Fuente: COI (2016).

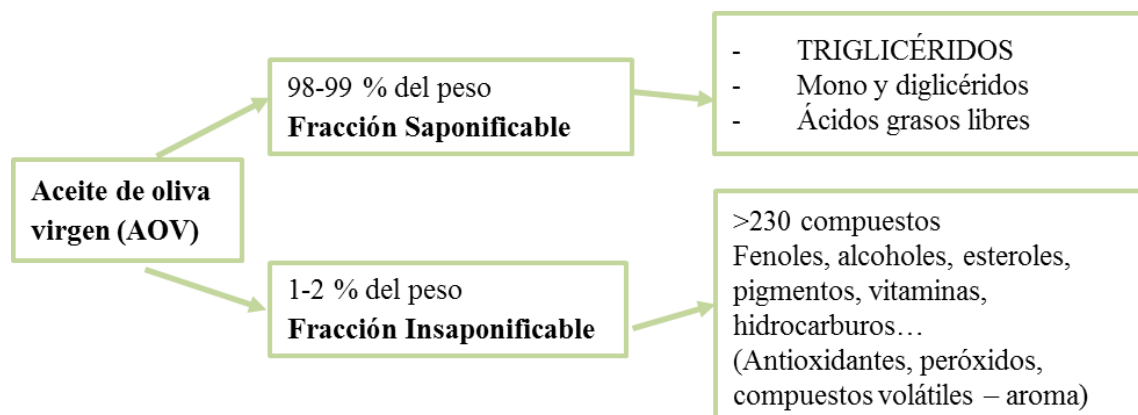
2.4.5 Composición y propiedades del aceite

El aceite de oliva virgen está constituido, como se observa en la Figura 4 fundamentalmente, por una fracción saponificable (caracterizada por reaccionar con el NaOH o con el KOH para producir jabones), que representa más del 98% de la composición del aceite, formada por una mezcla de diferentes triglicéridos (un glicerol unido tres ácidos grasos). La composición en ácidos grasos de los aceites de oliva es muy característica en relación al resto de las grasas y aceites que se consumen normalmente, ya que los AOV están compuestos mayoritariamente por ácidos grasos monoinsaturados, fundamentalmente el ácido oleico quien representa hasta el 80% del perfil graso (Hurtado et al., 2013). Además de los mencionados triglicéridos, existen en esta fracción del aceite, mono y diglicéridos, y ácidos grasos libres que son los que determinan la acidez libre del aceite y cuyo porcentaje dependerá que el aceite se categorice como: virgen extra, virgen, virgen corriente o mezcla con refinado (Grompone, 2013a).

Si bien se ha considerado a la composición en ácidos grasos de los AOV los responsables de su alto valor nutritivo, existen hoy en día otros aceites como el de colza, o el de girasol alto oleico de similar composición a los AOV. A pesar de ello los AOV siguen destacando por sus exclusivas características químicas otorgadas por los componentes menores, presentes en la fracción insaponificable, la cual representa entre el 1 y 2% del peso del aceite, y está compuesta por más de 230 sustancias químicas como: hidrocarburos, alcoholes, esteroides, fenoles, vitaminas, pigmentos (Gómez-González et al., 2001). Es en esta fracción que se encuentran los antioxidantes naturales de los AOV (fenoles, carotenos, tocoferoles) compuestos relacionados a la calidad saludable, así como también compuestos que hacen a la calidad sensorial, siendo los fenoles asociados

al amargor y el picante y compuestos volátiles que hacen al aroma del producto (Servili y Esposto, citados por Hurtado et al., 2013).

Figura 4. Esquema componentes de aceites de oliva.

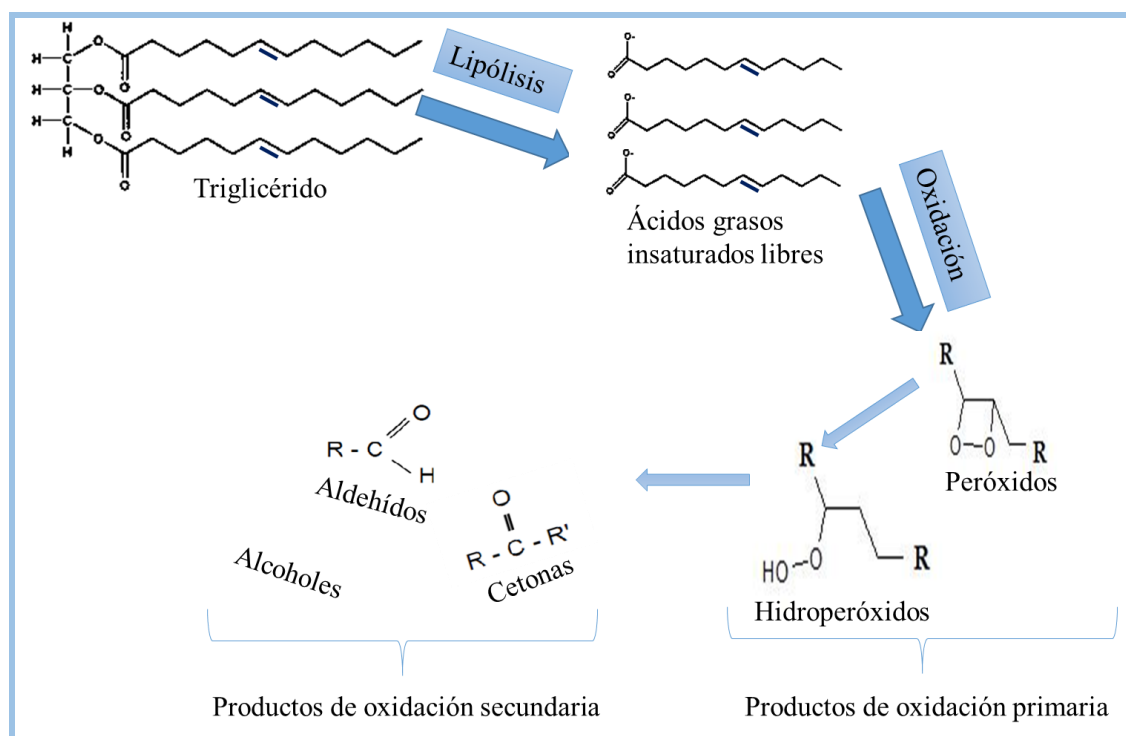


El enranciamiento (Figura 5), entendido como degradación de los lípidos del aceite, o su oxidación son procesos químicos que determinan la pérdida de calidad del mismo tanto a nivel nutricional como sensorial. La velocidad de ocurrencia de estos procesos está determinada por un lado por el perfil de ácidos grasos, asociado a la genética varietal y por otro lado al manejo de fruta, del proceso de extracción y almacenamiento. Dichos factores son determinantes de la estabilidad del aceite en el tiempo (Grompone, 2013a). El enranciamiento por hidrólisis, o lipólisis, implica la separación de los ácidos grasos de los triglicéridos, dando lugar a ácidos grasos libres que son quienes constituyen la acidez libre del aceite, este proceso comienza con el aceite aún en el fruto. En tanto la oxidación (enranciamiento por oxidación) es el proceso en el cual, el oxígeno es incorporado al doble enlace del ácido graso insaturado (ya sea que se encuentre libre o incorporado a un glicerol) para formar peróxidos e hidroperóxidos (compuestos de oxidación primaria) relativamente estables, que se transforman progresivamente en aldehídos, cetonas, entre otros compuestos denominados de oxidación secundaria, este proceso tiene lugar durante la elaboración y almacenamiento del aceite.

El enranciamiento del aceite, se ve acelerado por varios factores como la luz (radiación ultravioleta), la presencia de radicales, las enzimas lipoxigenasas y la temperatura. En tanto, la estabilidad del aceite a la oxidación, está dada por dos factores: la composición en ácidos grasos (estabilidad inherente) y la presencia de sustancias antioxidantes y/o peroxidantes. La estabilidad inherente de los AOV es muy alta (en comparación a otros aceites como el de soja, girasol o maíz) debido a su composición baja en ácidos grasos poliinsaturados y alta en ácido oleico (monoinsaturado). Dentro de los componentes menores del aceite se encuentran los antioxidantes los cuales se reducen drásticamente durante la refinación, a la vez que lo hacen los peroxidantes

(ácidos grasos libres, fotoestabilizadores, entre otros) por lo que la estabilidad de los AOV puede ser muy variable. Son los fenoles (compuestos hidrofílicos) los contribuyentes más significativos a la estabilidad oxidativa de los AOV actuando como captore de radicales libres, seguidos de los tocoferoles (lipofílicos) quienes además de actuar eliminando radicales libres, inhiben la fotooxidación mejorando la estabilidad en presencia de luz (Grompone, 2013a).

Figura 5. Esquema del proceso de enranciamiento (por hidrólisis-lipólisis y por oxidación) de los ácidos grasos.



Otros compuestos de la fracción menor del aceite que destacan por su vinculación con la estabilidad oxidativa son: la clorofila y sus derivados, quienes en presencia de luz favorecen la fotooxidación, a la vez que los carotenos protegen de la fotooxidación como captore de oxígeno singulete (Grompone, 2013a). Los metales pesados (hierro y estaño fundamentalmente) promueven la formación de radicales libres. Los ácidos grasos libres, por hidrólisis o biosíntesis incompleta, tienen acción peroxidante, en tanto los fosfolípidos tienen acción antioxidante como quelantes de metales.

La composición y propiedades químicas y organolépticas que definen la calidad y estabilidad del aceite se evalúan en los siguientes parámetros: perfil lipídico, acidez, contenido fenólico, índice de peróxidos y mediciones de absorbancia (asociadas al estado de oxidación), se ven afectadas por las condiciones de extracción y

almacenamiento del aceite, son afectados durante el proceso de maduración de la fruta (Tabla 2), donde se suceden cambios no solo en el peso, color y/o la relación pulpa hueso, sino también en la composición química y contenido de aceite de esos frutos. Si bien la magnitud de esos cambios dependerá del cultivar, la carga de fruta de la planta, el clima, la disponibilidad hídrica, el suelo, y las demás condiciones de cultivo (Dag et al., 2011), su incidencia difiere según sea el parámetro evaluado como se discute a continuación.

Tabla 2. Resumen de la evolución de parámetros físico-químicos en función del índice de madurez (IM).

Parámetro	Comportamiento según IM	Bibliografía
Tenor graso	No varía	García et al. (1996)
	Aumenta hasta un máximo	Beltrán et al. (2008)
	Aumenta y luego disminuye	Gómez-González et al. (2001)
Perfil lipídico	Varía según ácido graso	Gutiérrez et al. (1999)
		Ayrton et al. (2007)
		Dag et al. (2011)
		Villarino y Cabrera (2001)
Acidez libre	Aumenta	Gutiérrez et al. (1999) Dag et al. (2011)
	Independiente	Villarino y Cabrera (2011)
Contenido de fenoles	Disminuye	Briante et al. (2002)
		Beltrán et al. (2008)
		Dag et al. (2011)
		Villarino y Cabrera (2001)
		Grompone (2013c)
Índice de peróxidos	Disminuye	Gutiérrez et al. (1999)
	Aumenta	Dag et al. (2011)
		Villarino y Cabrera (2011)
Absorbancia UV	Varía según cultivar	Grompone (2013c)

2.4.5.1 Perfil lipídico

Conocer el perfil lipídico implica determinar la proporción de los diferentes ácidos grasos que componen un aceite. Su determinación se realiza mediante un cromatógrafo de gases, el cual separa los componentes volátiles de una mezcla según sus tendencias relativas a disolverse o volatilizarse y desplazarse o ser arrastrados por una corriente de gas inerte en la columna cromatográfica. Algunos lípidos son de naturaleza volátil, pero la mayoría han de modificarse previamente para aumentar su volatilidad (disminuir el punto de ebullición), la modificación consiste en la transesterificación de los ácidos grasos con metanol. Los ésteres metílicos obtenidos se inyectan en la columna del cromatógrafo donde se calientan para volatilar los compuestos. Los ésteres más solubles se disuelven en el material de la columna, mientras que los menos solubles son arrastrados por la corriente de gas inerte y emergen en primer lugar de la columna. El orden de elución depende de la naturaleza del adsorbente sólido de la columna y del punto de ebullición de los componentes de la mezcla lipídica, permitiendo separar completamente mezclas de ácidos grasos con diferentes longitudes de cadena y diversos grados de insaturación (Nelson y Cox, 2014). El producto obtenido es un cromatograma, donde la determinación de la concordancia de cada pico con un ácido graso en particular se realiza por comparación contra estándares de alta pureza que se inyectan previamente en el cromatógrafo para calcular los tiempos de retención (Grompone e Irigaray, 2013b).

El perfil de ácidos grasos determina la calidad nutricional del aceite y su estabilidad en el tiempo. El patrón de ácidos grasos que tiene el aceite es típico de la especie además de ser una característica varietal.

De esta manera mediante el análisis del perfil de ácidos grasos de un aceite pueden detectarse adulteraciones con aceites de otros orígenes y determinar su genuinidad (Uceda et al., 2008). Pero dado que los rangos del contenido de ácidos grasos para las diferentes calidades de aceite de oliva son los mismos, ya que el método de extracción y el procesamiento no afectan su composición. Para detectar mezclas de aceites de oliva vírgenes con refinados o aceites de orujo (o incluso con aceite de girasol alto oleico) requerirán de análisis complementarios para su identificación (Grompone e Irigaray, 2013b).

Por otro lado, dada la estabilidad que otorgan los ácidos grasos monoinsaturados, definir el patrón de ácidos grasos permite también determinar su estabilidad oxidativa (Uceda et al., 2008). El ácido graso en mayor proporción en el aceite de oliva es el oleico (18:1, 18 por el número de carbonos y 1 por su número de dobles enlaces carbono-carbono), tanto así que su nombre hace referencia al mismo cultivo. El ácido oleico siendo monoinsaturado y el palmítico siendo saturado proporcionan estabilidad al aceite, mientras que el linoleico y linolénico son polinsaturados y por lo tanto susceptibles a la oxidación (Ayton et al., 2007). Pudiendo

ser estos ácidos cuantificados mediante el parámetros que relaciona el contenido de ácidos grasos monoinsaturados (MUFAs) y el de ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs) lo que equivale a la relación oleico/linoleico (Beltrán et al., 2008). Así, Beltrán et al. (2005) encontraron que para el cultivar Hojiblanca la composición de ácidos grasos (MUFAs/PUFAs) fue el componente que mayoritariamente contribuyó a la estabilidad oxidativa del aceite, explicando un 73% de la misma, al tiempo que el contenido fenólico contribuyó con un 8%. Estudios realizados sobre la composición en ácidos grasos de aceites de oliva, muestran amplios rangos de variabilidad relacionado con factores genéticos y ambientales (Rondanini et al., 2014), así como con el grado de madurez de la fruta y la ubicación de la plantación, entre otros (Grompone, 2013c).

En relación a la evolución de este parámetro con el avance en la madurez de la fruta, en tanto, Ayton et al. (2007) mencionan que el oleico se mantendría relativamente estable, Dag et al. (2011) encontraron una leve reducción en el contenido de oleico el cual se estabilizó alcanzando IM superiores a 4, y Gutiérrez et al. (1999) encontraron que el contenido de ácidos grasos no varió, a excepción de una disminución del palmítico y el linolénico y un aumento (apoyado por Ayton et al., 2007) en el linoleico.

Para el cultivar Arbequina, según Tous y Romero, citados por Uceda et al. (1994), el porcentaje de ácido oleico puede variar desde un 52% hasta 74% dependiendo de las condiciones de latitud y clima. Un estudio realizado durante 5 años, para 30 cultivares en tres momentos de cosecha, concluye que las variaciones en el perfil lipídico fueron explicadas por la variedad en el orden del 80%, y por el año entre el 10 y el 20%, mientras que las épocas de recolección explicaron como máximo el 4% (Uceda et al., 2008).

El efecto de la localidad sobre el perfil lleva a que algunas zonas productoras obtengan aceites que no cumplen con los rangos establecidos por las normas internacionales, impidiendo que puedan ser comercializados como aceites de oliva vírgenes monovarietales, requiriendo ser mezclados con otros aceites para ajustarse a las disposiciones legales. Tal es el caso de aceites de Arbequina de Argentina (excedidos en palmítico y/o linoleico), Picual de Jaén (excedidos en oleico y bajos en linoleico), y varios aceites de Argentina, Grecia, Australia entre otros países, con mayores contenidos de linolénico del reglamentario (Grompone e Irigaray, 2013b).

En lo que hace a la experiencia nacional, Villarino y Cabrera (2011), afirman que los aceites analizados cumplen con los perfiles exigidos por las normas internacionales para los AOV. A su vez, encontraron que el contenido de palmítico disminuyó a medida que aumentó el IM, mientras que para los ácidos grasos: oleico, linoleico y linolénico no pudieron encontrar correlación significativa con dicho índice.

2.4.5.2 Contenido fenólico

Los compuestos fenólicos son metabolitos que actúan en el simplasto como antioxidantes además de constituir parte del sistema de defensa de los tejidos del fruto a factores bióticos. Dicha característica química determina que constituyen un componente clave para la estabilidad del aceite reduciendo su oxidación, a la vez que por la misma razón tienen alto impacto en el valor nutricional del aceite.

Los fenoles son transferidos al aceite durante el proceso de extracción, y estos se transforman en los antioxidantes naturales fundamentales para la conservación del mismo (Grompone e Irigaray, 2013b).

Los AOV son los aceites vegetales (a excepción del de sésamo) con mayores contenidos de antioxidantes fenólicos (Romero, citado por Grompone e Irigaray, 2013b). Los fenoles son potentes antioxidantes, eliminadores de radicales libres, de tipo hidrofílico (su contenido se ve disminuido durante procesos que involucren presencia de agua). En el fruto, se acumulan únicamente formas glucosídicas de los compuestos fenólicos, el principal compuesto glucósido presente en el aceite de oliva es la oleuropeína, responsable del sabor amargo de las aceitunas inmaduras, el cual, durante la maduración y debido a la acción enzimática (aumentando el contenido de fenoles libres), se transforma en compuestos ya no tan amargos como ser el hidroxitirosol y el tirosol, que pueden disminuir durante la conservación del aceite.

Los tocoferoles y tocotrienoles son antioxidantes de tipo lipofílicos pero su efecto protector no es tan importante como el de los fenoles, tiene acción como captadores de radicales libres pero a su vez inhibiendo la fotooxidación al reaccionar con el oxígeno singlete aumentando la estabilidad del aceite en presencia de luz.

El contenido total de fenoles presentes en un aceite se puede determinar por dos métodos. En el método tradicional, la determinación se realiza mediante una reacción colorimétrica con el reactivo de Folin-Ciocalteu, esta reacción no es específica para compuestos fenólicos y sus resultados dependen del patrón de calibración, el método permite la determinación total pero no separar entre diferentes compuestos fenólicos. La técnica más moderna, incorporada a los protocolos oficiales del COI, es por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), permite la identificación de diferentes compuestos fenólicos comparando los tiempos de retención relativos al ácido cítrico.

El contenido de estos compuestos en la aceituna no es constante y va a depender en primer término de la variedad (Bariante et al., 2002), por ejemplo Hurtado et al. (2013) reportan mayores concentraciones de fenoles (especialmente el de hidroxitirosol) en el cultivar Frantoio que los obtenidos para Arbequina.

Diferentes medidas de manejo también tendrían efecto sobre el contenido de fenoles, disponibilidad hídrica donde Gaete, citado por Uceda et al. (2008) encontró aumentos en el contenido de fenoles totales producto del riego deficitario, a la vez que Morales, citado por Uceda et al. (2008) reporta aumentos en el contenido de fenoles con intensidades de poda del 50%.

En relación a la evolución del contenido de fenoles con respecto al avance en la madurez, se plantea una respuesta de tipo cuadrática, con un aumento del contenido de fenoles que coincide con el momento de envero cuando los frutos han alcanzado la máxima acumulación de aceite (Uceda et al., 2008), y luego el contenido de fenoles decae conforme avanza la madurez, observándose una relación inversa entre el contenido de fenoles y el IM (Briante et al. 2002, Beltrán et al. 2008, Villarino y Cabrera 2011, Dag et al. 2011), demostrando la importancia de elegir un índice de madurez adecuado para cada cultivar que asegure un contenido suficiente de antioxidantes que protejan al aceite y prolonguen de esta forma su vida de estantería (Grompone, 2013c).

Otro factor crítico determinante del contenido de fenoles en el aceite es el proceso de extracción, durante la cual los fenoles muy polares quedan adheridos a la pulpa de la aceituna, es así que los mayores contenidos de fenoles se obtienen con sistemas de presión y decánteres de dos fases, ya que en los de tres se adiciona agua perdiendo fenoles en ella. También durante la refinación se pierden gran cantidad de fenoles en la neutralización y lavado con agua (Grompone e Irigaray, 2013b).

2.4.5.3 Acidez libre

La acidez del aceite, está conformada por los ácidos grasos libres, producto de la lipólisis de los triglicéridos. No es por lo tanto un parámetro vinculado a la oxidación. Los ácidos grasos libres se encuentran en los frutos como resultado de la hidrólisis enzimática de los triglicéridos, provocada por las lipasas presentes en ellos. La acidez incide negativamente en el sabor, su valor tiene origen principalmente en el mal estado de la fruta y/o causado por plagas o enfermedades, su mal tratamiento durante la cosecha, demoras en el procesamiento o conservación. Durante el almacenamiento del aceite, en condiciones poco frecuentes, también puede tener lugar la hidrólisis. Es mediante la refinación que la acidez de un aceite puede ser disminuida por neutralización (Grompone, 2013c).

La acidez se puede expresar de dos formas: como porcentaje de ácidos grasos libres en 100g de aceite, o como el valor ácido o índice de acidez que hace referencia a los miligramos de hidróxido de potasio (KOH) necesarios para neutralizar los ácidos grasos libres presentes en un gramo de aceite. Ambas formas de expresión se pueden relacionar de la siguiente manera: % de acidez \sim $\frac{1}{2}$ índice de acidez (Grompone, 2013c).

Si bien se entiende a la acidez como a un parámetro que no depende del momento de cosecha (Villarino y Cabrera, 2011), Dag et al. (2011) sugieren que el aceite obtenido de fruta en estado de madurez avanzado presenta elevados valores de acidez, causados aparentemente por la actividad de lipasas internas, así como también mayor sensibilidad al ataque de patógenos y daño mecánico en cosecha. Por su parte Gutiérrez et al. (1999) encontraron para los cultivares Picual y Hojiblanca un ligero aumento de la acidez a medida que avanza la madurez, el cual se acentúa a partir de valores de IM de entre 4 y 5.

2.4.5.4 Índice de peróxidos (IP)

El índice de peróxidos es una medida del contenido de compuestos peroxidados del aceite, es un indicador del grado de oxidación inicial o primaria. Dicho enranciamiento por oxidación consiste en incorporación de oxígeno en el doble enlace de los ácidos grasos insaturados (con algún doble enlace) transformándose en peróxidos y/o hidroperóxidos (Ibáñez, citado por Villarino y Cabrera 2011, Grompone 2013a).

El IP se refiere a la cantidad de peróxidos (expresados como miliequivalentes de oxígeno activo por quilogramo de aceite) que ocasionan la oxidación del yoduro potásico en condiciones de trabajo descritas por ISO (2001). La muestra de aceite, disuelta en ácido acético y cloroformo, se trata con solución de yoduro potásico, el yodo liberado se valora con solución de tiosulfato sódico (COI, 2016). La Tabla 3 muestra los rangos establecidos por el COI (2016) para los diferentes tipos de aceite.

Tabla 3. Límite para el índice de peróxido de los aceites de oliva y de orujo de oliva.

Aceite	Índice de peróxidos (IP)
Oliva virgen (todos)	≤ 20
Oliva refinado	≤ 5
Oliva	≤ 15
Orujo de oliva refinado	≤ 5
Orujo de oliva	≤ 15

Fuente: COI (2016).

El enranciamiento como proceso de absorción del oxígeno del aire por el aceite, se ve acelerado por varios factores: elevada temperatura durante el procesamiento,

aceitunas mal tratadas, y/o condiciones de conservación inadecuadas (contacto con el oxígeno, presencia de luz), así como también por la presencia de radicales, las enzimas lipoxigenasas (Grompone e Irigaray, 2013b). En tanto como fue explicado, los antioxidantes del aceite tienen efecto inhibitorio sobre la oxidación (enranciamiento) por lo que este parámetro no debe ser analizado de forma independiente.

Dado que el proceso se da por la reacción del oxígeno con los dobles enlaces de los ácidos grasos, cuanto mayor sea el contenido de ácidos grasos poliinsaturados más susceptibles al enranciamiento serán los aceites. Así, grasas saturadas, como el ácido palmítico, no se ven tan afectados por este fenómeno como aquellos aceites (como el de girasol) que contienen una elevada concentración de ácidos grasos poliinsaturados. A la vez que un aceite donde predomine el ácido oleico (monoinsaturado) presenta menor grado de enranciamiento potencial que otro en el que predomine el ácido linoleico (poliinsaturado).

En relación a la evolución del IP con el avance de la madurez, no se debe confundir su comportamiento en el aceite dentro de una fruta con el de uno ya extraído, en el cual el IP aumenta siempre durante el almacenamiento, debido fundamentalmente a oxidaciones por contacto con el aire, también durante el proceso de extracción puede aumentar el parámetro, especialmente si las condiciones de temperatura no son adecuadas; en tanto en el fruto el IP disminuye con el aumento de la madurez (Grompone, 2013c). Gutiérrez et al. (1999) constataron un marcado decrecimiento del IP con el aumento del IM y atribuyeron este comportamiento a la caída en la actividad de la enzima lipoxigenasa. En tanto Dag et al. (2011) encontraron que para el cultivar Sourí en años de alta producción, el contenido total de peróxidos aumentó conforme lo hacía el IM, al tiempo que el cultivar Barnea presentó un comportamiento opuesto; sin embargo, en años de baja carga de fruta el cultivar Barnea manifestó un comportamiento diferente, aumentando su IP en función del IM, queda en evidencia así la necesidad de profundizar la investigación en este sentido. En lo que hace a la investigación nacional, Villarino y Cabrera (2011) afirman que existe una correlación positiva y estadísticamente significativa entre el IP y el IM para el cultivar Arbequina.

2.4.5.5 Absorbancia UV

La capacidad que las soluciones poseen para absorber radiación en determinadas longitudes de onda, permite, cuando un haz de luz es sometido a atravesar una superficie con una solución de aceite, correlacionar dicha absorbancia con la presencia de determinados compuestos. La absorbancia a determinadas longitudes de onda dentro del rango ultra violeta del espectro (en particular la K232 y la K270) aporta información sobre la calidad y el estado de conservación de un aceite.

La absorbancia a 232 nm (K232), detecta la presencia de dienos conjugados, lo cual se encuentra correlacionado con el grado de oxidación primaria del aceite, o sea la formación de peróxidos e hidroperóxidos por la incorporación de oxígeno en los dobles enlaces de los ácidos grasos insaturados (Paz y Molero, 2000).

La absorbancia a 270 nm (K270) determina la presencia de dicetonas etílicas aldehídos, cetonas y trienos conjugados, productos de oxidación secundaria del aceite (derivados de los productos de oxidación primaria: peróxidos e hidroperóxidos), el COI (2016) exige valores menores a 0.22 de este parámetro para la categoría virgen extra. El método aporta información sobre la frescura y el estado de conservación de un aceite ya obtenido, así como de cambios producidos durante la refinación o posibles adulteraciones de AOVs mediante la determinación de la presencia de dicetonas etílicas que se forman durante la refinación (Aparicio y Hardwood, 2003). Si bien la fidelidad del método es cuestionada ya que dada la gran cantidad de productos formados durante la oxidación que absorben en la misma región espectroscópica la sensibilidad del método para detectar adulteraciones de AOVs con aceites refinados no es buena (Paz y Molero 2000, Grompone e Irigaray 2013b).

Para la determinación de las absorbancias a dichas longitudes, se disuelve el aceite en un solvente orgánico (ciclohexano, isoctano) y se mide la absorbancia de la muestra con un espectrofotómetro. Para calcular el ΔK (parámetro se usa para detectar mezclas de aceite de oliva virgen con aceites de oliva refinados, el COI exige valores de ΔK menores o iguales a 0,01 para los aceite de oliva virgen extra) se mide la altura del pico a 270 nm (pico principal de absorción de los trienos conjugados) y la de los dos mínimos (266 y 274) y se calcula de la siguiente forma: $\Delta K = K_{270} - (K_{266} + K_{274}) / 2$, los valores máximos establecidos para cada categoría de aceite aparecen en la Tabla 1 (COI, 2016).

El K232 puede aumentar con IM muy altos (hacia el color negro), pero pueden verse incrementados considerablemente por problemas en el proceso de extracción en la almazara o malas condiciones de almacenamiento del aceite. En tanto, el K270 puede verse incrementado con IM muy altos en algunos cultivares, mientras que para otras permanece constante o incluso disminuye (Grompone e Irigaray, 2013b).

2.5 DESCRIPCIÓN DE LOS CULTIVARES UTILIZADOS

Es de interés generar conocimiento acerca de las propiedades de los aceites de oliva nacionales, buscando maximizar aquellos atributos de alto valor nutricional como de componentes beneficiosos para la salud. En este sentido es necesario evaluar el comportamiento de los cultivares presentes en Uruguay y la calidad de sus aceites.

2.5.1 Arbequina

Se trata de un cultivar de origen español, de la localidad de Arbeca. Es el cultivar que ocupa la mayor superficie de Cataluña al Noreste de España. Es un árbol de porte pequeño adaptable a plantaciones de alta densidad, aunque por el tamaño pequeño de su fruta y su alta fuerza de retención se complejiza la cosecha mecánica. Si bien se la reconoce como autocompatible, su cuajado se ve incrementado en condiciones de polinización cruzada (Tous et al., 1997).

Para las condiciones de Uruguay se presenta como un cultivar de vigor medio, entrada en producción precoz (tercer o cuarto año), con alta producción y estable todos los años, de fruta pequeña (menores a 2 gramos). Su aceite se considera de buena calidad, y presenta buena estabilidad cuando es cosechada de forma temprana (Villamil y Conde, 2013).

Barranco et al. (2008a) describen el aceite del cultivar Arbequina como superior al de la media, de entre una selección de diversos cultivares de origen español, con un contenido promedio de ácido oleico de 66%, en tanto (Matías et al., 2010) lo describen como de baja estabilidad a la oxidación, explicado por su bajo contenido de fenólico, en torno a los 64 mg/Kg, y un rendimiento graso en base seca de 40,3%. En cuanto a sus características organolépticas lo describen como un aceite muy frutado, con poco amargo o picante.

2.5.2 Coratina

Es un cultivar de origen italiano, de fácil adaptación a las distintas zonas de cultivo y productividad elevada (COI, 2000). El fruto es alargado de tamaño variable y maduración tardía. Su rendimiento en aceite alto y caracterizado por su gran riqueza en fenoles (Barranco 2008a, Villamil y Conde 2013). Por su parte, el aceite del cultivar Coratina es descrito por Rojas según Ponce y Sepúlveda (2014) como de gran estabilidad y buena calidad organoléptica. Rico en fenoles, 250 mg/Kg, lo cual se ve reflejado en elevados amargo y picante, con un rendimiento graso en base seca de 41% y un contenido de ácido oleico de un 70% (Matías et al., 2010).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES

Para llevar adelante este trabajo se utilizó fruta de los cultivares Arbequina y Coratina, cosechada en el establecimiento "Nuevo Manantial S.A.", ubicado en el departamento de Treinta y Tres, Ruta 18, Km 320.

El ensayo fue realizado durante la temporada correspondiente a los años 2014 - 2015 y las muestras de frutas provinieron de distintos cuadros del establecimiento, todos en secano, con densidades de 280 plantas por hectárea, originadas en vivero propio de la empresa, implantados en 2008. Se realizaron tres cosechas diferentes espaciadas por 15 días cada una, representando distintos estados de madurez para cada cultivar y fecha.

Los suelos predominantes en el establecimiento son los pertenecientes a los grupos CONEAT 2.11a: sierras rocosas con paisaje ondulado fuerte y pendientes de 5-20%, donde la rocosidad puede alcanzar 10%. Los suelos predominantes son los Inceptisoles Úmbricos, superficiales a moderadamente profundos, con acidez y tenores de aluminio intercambiable variables y 2.14: sierras no rocosas, de relieve ondulado fuerte a quebrado, con afloramientos rocosos y pendientes entre 3-12%. Los suelos predominantes son los Lúvicos Ócricos Úmbricos, asociados a Brunosoles Dístricos Lúvicos y Litosoles (MGAP. DIRENARE, s.f.).

Para la temporada en estudio y con base en datos proporcionados por la estación meteorológica ubicada en el establecimiento, las precipitaciones totales para el período 1 de julio de 2014 al 30 de junio 2015 fueron de 1324 mm (de los cuales 1008 mm ocurrieron en el período comprendido entre floración y cosecha), en tanto la temperatura máxima promedio fue de 19.05°C y la mínima promedio de 17,1°C.

La cosecha de fruta se realizó con peines eléctricos y mallas para recolección, ambos implementos aportados por la empresa.

Las muestras de fruta han sido procesadas y analizadas en laboratorios de INIA "Las Brujas". La extracción de aceite se realizó en una almazara piloto Oliomio de dos fases, de 50 Kg/hora de capacidad. El aceite obtenido fue analizado en instalaciones de la misma Institución utilizándose un equipo Soxhlet, una estufa de aire forzado, un espectrofotómetro UV y un cromatógrafo de gases, además de los reactivos necesarios.

3.2 MÉTODOS

El ensayo fue llevado adelante en su totalidad en el campo anteriormente nombrado, realizándose tres muestreos para cada una de los dos cultivares, correspondientes a las fechas 15 de marzo, 30 de marzo y 15 de abril del año 2015 (momentos 1, 2 y 3 respectivamente). Para el cultivar Arbequina estas fechas se correspondieron con los siguientes índices de madurez: 1,78; 2,35; 2,70. En tanto para Coratina: 1,25; 1,35; 2,06.

En cada uno de los tres muestreos se cosecharon 50 kilos de fruta de los cultivares, a los cuales se les extrajo el aceite, en dos tandas de 25 kilos cada una, a modo de repetición (cantidad suficiente para un correcto funcionamiento de la almazara piloto). Sobre dicho aceite se determinaron parámetros físico-químicos de calidad.

Por otra parte, una vez obtenida la pasta, por cada una de las repeticiones, se obtuvieron 2 placas (cápsulas) de muestra de unos 30 gramos cada una para determinación del parámetro humedad, y posteriormente, de cada placa se obtuvieron 3 sobres de pasta seca y molida para su correspondiente ensobrado y determinación de tenor graso mediante un equipo de tipo Soxhlet.

Paralelamente, de los 50 kilos de fruta iniciales se tomó una muestra de 200 frutos al azar, para determinar en ellos índice de madurez o cosecha. Se trabajó con dos repeticiones de 100 frutos cada una. También fueron tomados 30 frutos para efectuar en ellos la medición de parámetros físicos.

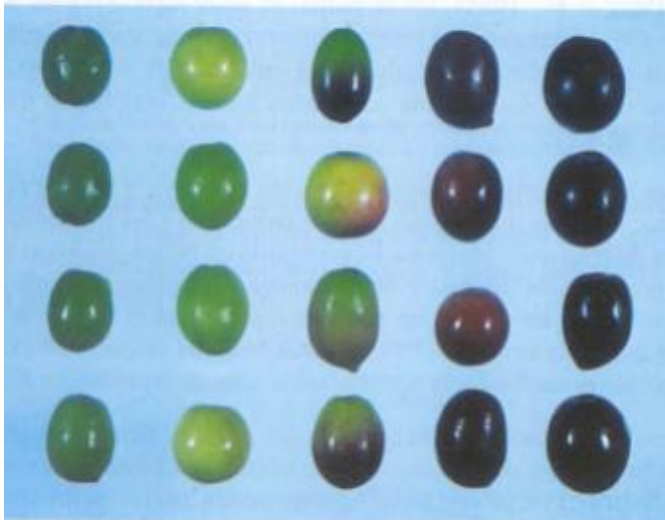
3.2.1 Parámetros evaluados en fruta

3.2.1.1 Índice de madurez (IM)

Este parámetro fue determinado con base en el método de caracterización de color de piel y pulpa de la aceituna (Figura 6), y la posterior ponderación de los datos mediante una fórmula desarrollada en la Estación Agronómica de Jaén por Ferreira en 1979 (Beltrán et al., 2008).

En dicha escala el estado 0 se corresponde con piel verde intenso; estado 1, piel verde amarillento; estado 2, inicio de envero piel con menos de 50% de tonalidad rojiza; estado 3, final de envero piel rojiza a morada en más de la mitad del futo; 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.

Figura 6. Fases del desarrollo del color de la piel en la aceituna.



Fuente: Beltrán et al. (2008).

Una vez determinado el número de frutos por estado, para cada una de las dos muestras de 100 frutos se sustituyen los mismos en la siguiente fórmula.

Índice de Cosecha = $(n_0 \times 0 + n_1 \times 1 + n_2 \times 2 + n_3 \times 3 + n_4 \times 4 + n_5 \times 5 + n_6 \times 6 + n_7 \times 7) / \text{No. de frutos}$. Dónde $n_0; n_1; n_2; n_3; n_4; n_5; n_6; n_7$ = son número de frutos por cada estado de madurez.

3.2.1.2 Parámetros físicos

- Parámetros de fruto

Para determinar este punto se utilizaron balanza de precisión y calibre electrónico (Figura 7). En 30 frutos por IM y cultivar se registró: peso, calibre longitudinal y transversal, y posteriormente se registró el peso del carozo limpio.

Figura 7. Determinación de calibres transversales y longitudinales en fruta.



- Materia seca y materia grasa (humedad)

Para esta determinación se utilizó pasta de aceitunas proveniente de la almazara piloto, luego de ser molida en el molino de martillo. Se registró el peso de cada muestra con su respectiva cápsula, y fueron dispuestas en estufa de aire forzado a 105°C durante 48 horas, tiempo estimado en el cual el peso de las muestras se hace estable. Transcurrido ese tiempo, se volvió a registrar el peso de las muestras con sus cápsulas, y la pasta seca fue molida con mortero de mano. De cada cápsula fueron extraídas 3 muestras de 10 gramos que fueron colocados en sobres de papel filtro, previamente pesados. Los sobres fueron dispuestos en el equipo Soxhlet, con hexano como extractante durante 4 horas y así, se extrajo su aceite. Cada muestra, sin agua y sin aceite, fue pesada.

Con base en los datos obtenidos en los procesos antes mencionados se pudo calcular:

- porcentaje de materia seca (%MS) = (peso seco/peso fresco)*100
- porcentaje de materia grasa en base seca (%MGbs) = (peso desgrasado/peso sin desgrasar)*100
- porcentaje de materia grasa en base fresca (%MGbf) = [(%MGbs)*(%MS)]/100

3.2.2 Parámetros evaluados en el aceite

En los aceites obtenidos, se realizó la determinación de los parámetros de calidad: perfil de ácidos grasos, índice de acidez, contenido de fenoles, índice de peróxidos y absorbancia UV.

- Perfil lipídico

El procedimiento utilizado para la determinación de la composición de ácidos grasos fue el análisis por cromatografía de gases de los ésteres metílicos de ácidos grasos por transesterificación en frío con una solución metanólica de hidróxido potásico y posterior cuantificación por cromatografía gaseosa (COI, 2016). Expresado como porcentaje m/m de ésteres metílicos sobre el total determinado.

- Contenido fenólico

Para esta determinación se realizó la extracción con una mezcla metanol/agua en proporción 80:20 respectivamente. El agregado del reactivo Folin-Ciocalteu permitió el desarrollo del color. Sobre esta última reacción se midió la absorbancia en un

espectrofotómetro UV-vis a 760 nanómetros. Los resultados se expresaron como miligramos de fenoles totales (equivalente a ácido gálico) por kilogramo de aceite (Ayton et al., 2007).

- Acidez libre

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 UNIT (1999) e ISO (1996). Los resultados obtenidos fueron expresados en gramos de ácido oleico libre cada 100 gramos de aceite.

- Índice de peróxidos

Este parámetro se determinó según el método ISO (2001). El mismo se define como la cantidad de peróxidos, expresados como miliequivalentes 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 tiosulfato de sodio.

- Absorbancia UV

Para este análisis se utilizó el protocolo del COI (2016). Fue empleado un espectrofotómetro UV-vis, midiéndose la absorbancia del aceite disuelto en isooctano a las longitudes de onda 232, 266 y 270 y 274 nanómetros.

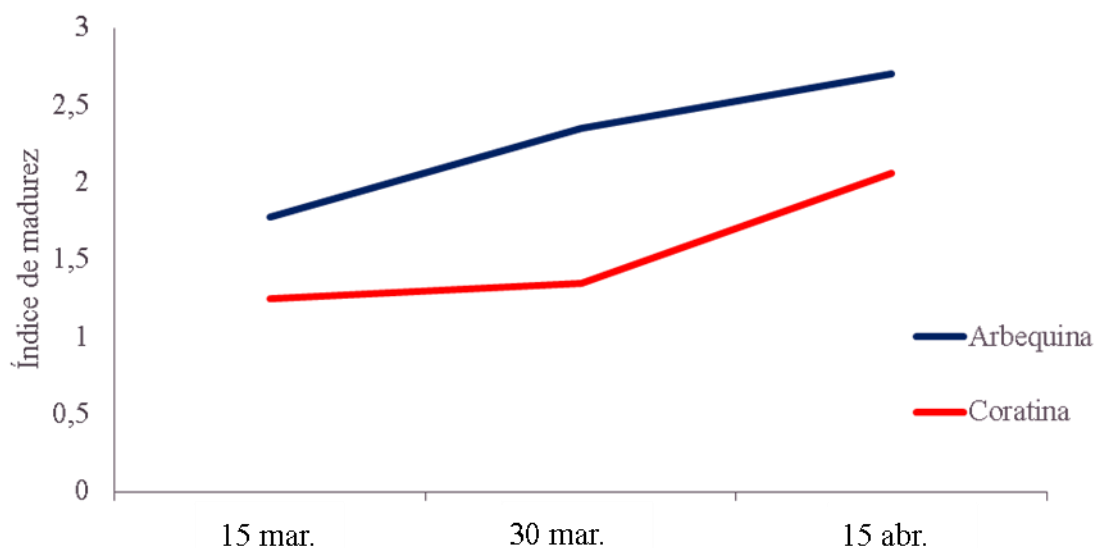
3.2.3 Análisis estadístico de resultados

Se trata de un estudio observacional, donde se seleccionó el sitio de evaluación, los cultivares a evaluar y los momentos de cosecha para la realización de la descripción de la calidad de sus aceites. Para el análisis de las variables de respuesta: contenido graso (%MS), peso de fruto (g), relación largo/ancho, relación pulpa/hueso, contenido de fenoles (mg/kg) y relación MUFAs/PUFAs se ajustó un modelo lineal general por cultivar. Las medias de los tratamientos fueron separadas por mínima diferencia significativa (MDS), mediante el test Fisher con $p=0.05$.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El momento de cosecha es una decisión clave que determinará los rendimientos en litros de aceite y la estabilidad oxidativa de los mismos. El índice de madurez es uno de los criterios utilizados para definir ese momento. La evolución de la madurez de la fruta está afectada por parámetros climáticos, por la carga del árbol y por las características genéticas de cada cultivar. En la Figura 8 puede verse como, para iguales fechas de cosecha la evolución del IM difirió para los dos cultivares evaluados, presentando Coratina IM inferiores a los Arbequina para todos los momentos. Para el cultivar Arbequina, los valores de IM se encuentran dentro de los rangos reportados por Feippe et al. (2010a) para Uruguay.

Figura 8. Evolución del IM en función de los momentos de cosecha para los cultivares Arbequina y Coratina.



Discutiendo la aplicación del IM como criterio de cosecha Ayton et al. (2007) expresan que determinar el momento de cosecha basándose en el parámetro IM puede resultar en cosechas tardías con una marcada pérdida de la calidad, por ejemplo, para el cultivar Corregiolla encontraron que su fruta tiende a permanecer verde, alcanzando IM máximos de 3-4 en el total del ciclo lo que puede redundar en cosechas tardías y por ende pérdida de calidad al tiempo que el cultivar Mission presenta un comportamiento opuesto, presentando un cambio de color continuo durante el ciclo hasta que la pulpa se colorea completamente, lo que también resulta en fruta sobremadura con pérdidas importantes en la calidad de aceite.

La información disponible y los resultados obtenidos señalan que el IM, que es un índice de color de la pulpa y piel, no es un índice de madurez para el conjunto de los procesos fisiológicos que ocurren durante la maduración de la fruta, con claras diferencias entre cultivares. Por lo tanto se cuestiona su utilidad como criterio de cosecha único.

Sin embargo, resulta importante comprender el efecto del avance de la madurez y su relación con un criterio de cosecha ampliamente difundido como es el IM como herramienta para mejorar la estabilidad oxidativa y el valor nutricional de los productos obtenidos.

4.1 PARÁMETROS FÍSICOS

4.1.1 Tenor graso

Se presentan a continuación los resultados obtenidos sobre tenor graso, para los dos cultivares evaluados, y en tres momentos de madurez distintos. El máximo rendimiento graso en base seca obtenido para Arbequina se registró para el índice de madurez 2,7 con un valor de 49,3 %, mientras que Coratina registró el valor máximo de 50,72 % con un índice de madurez de 2,06.

Figura 9. Tenor graso de los aceites obtenidos de los cultivares Arbequina y Coratina, para los índices de madurez 1,78; 2,35; 2,7 y 1,25; 1,35; 2,06 respectivamente.



* Las barras de error indican el desvío estándar de la serie de datos.

Para Lavee y Wonder (1991) no existe diversidad genética en el patrón de acumulación de aceite en *Olea europaea* L., pero el grado de acumulación, es decir, la tasa de acumulación y el máximo esperado, está genéticamente determinado y a su vez afectado por el ambiente. Según estos autores, bajo condiciones de no estrés, la acumulación de aceite continúa hasta el final del envero. Según otros, el proceso de acumulación de aceite ocurre hasta los índices de madurez 3 o 3,5. Después de este momento el porcentaje de aceite iría gradualmente disminuyendo (Gómez-González et al., 2011), o bien permanecería constante (Beltrán et al., 2008).

En este trabajo no se avanzó en la evaluación de índices de madurez por encima de los valores anteriormente mencionados por lo cual, solo puede ser afirmado que, para ambos cultivares, a mayor avance en la madurez, mayor contenido total de aceite, mostrando este valor diferencias respecto a los dos momentos anteriores evaluados para cada cultivar, como puede observarse en la Figura 9, lo cual coincide con lo descrito por Feippe et al. (2010a) quienes encontraron en las muestras de frutos menos maduros tenores grasos menores.

En cuanto al contenido total de aceite para cada cultivar, este coincide con lo reportado por Matías et al. (2010), aunque para Coratina para el IM más avanzado, el contenido graso supera lo mencionado por los anteriores autores. Los datos obtenidos coinciden con los reportados a nivel nacional; Conde et al. (2010), Feippe et al. (2010b) describen contenidos grasos en base seca para Arbequina de entre 35 y 45 %, en tanto Villamil et al. (2015) mencionan valores de 45% para Coratina, con la salvedad de que estos valores no están relacionados a ningún índice de madurez.

4.1.2 Parámetros de fruto

Se presenta a continuación la Tabla 4 con los parámetros de fruto evaluados para los dos cultivares estudiados.

En Arbequina el peso de fruto no presentó importantes variaciones y el rango estuvo entre 1,44 y 1,61 g según momento. Estos resultados coinciden con lo reportado por Conde et al. (2015) que menciona valores de entre 1.25 y 1.62 g y con lo reportado por Villarino y Cabrera (2011) quienes mencionan rangos de entre 1,62 y 1,7 g. En tanto Fourment y Politi (2008), Martinelli et al. (2015) mencionan pesos promedio de unos 1,9 g. En Coratina hubo una tendencia al incremento en el peso de fruto dentro de los rangos 2,6 y 3,1 g coinciden con los valores siendo que Villamil et al. (2015) describe frutos de unos 2,7 g.

Tabla 4. Parámetros descriptivos de frutos para los cultivares Arbequina y Coratina para los IM 1,78; 2,35; 2,7 y 1,25; 1,35; 2,06 respectivamente.

	Arbequina			Coratina		
Índice de madurez	1.78	2.35	2.7	1.25	1.35	2.06
Peso de fruto (g)	1,44	1,61	1,48	2,60	2,7	3,09
Relación largo / ancho	1,10	1,10	1,10	1,37	1,32	1,37
Relación pulpa / hueso	3,33	3,58	3,33	3,93	3,94	4,16

Para los parámetros largo/ancho y pulpa/hueso, no existieron diferencias según avance de madurez, en ninguna de los cultivares evaluados y están dentro de los rangos reportados por Fourment y Politi (2008), Conde et al. (2015), Martinelli et al. (2015), Villamil et al. (2015).

Según Lavee y Wonder (1991) el peso final de fruto está determinado mayoritariamente por factores ambientales, siendo el aporte de agua el factor fundamental, además de estar genéticamente determinado (Beltrán et al., 2004). El presente ensayo fue conducido (como se mencionó anteriormente) en cuadros sin riego artificial, siendo la lluvia el único aporte hídrico. Durante los meses de marzo y abril (períodos de evaluación de la fruta) las precipitaciones fueron de 47,4 y 11 milímetros respectivamente. Si se compara estos datos con la serie histórica 1961-1990 aportada por INUMET, que toma valores de 95 y 80 mm para los meses de marzo y abril respectivamente, puede entenderse que, los meses de evaluación se encontraron por debajo de la media. Es esperable en las condiciones de Uruguay una gran variabilidad interanual de la pluviometría, por lo cual en las producciones en secano es esperable un efecto importante del tipo de suelo, en su capacidad de retención de agua.

Lavee y Wonder (1991) indican que el ratio pulpa/hueso es dependiente del cultivar, aunque pudiendo variar con las condiciones de cultivo. Estos autores aseguran que, a pesar de haber encontrado diferencias significativas en el tamaño de fruto, no pudieron encontrar diferencias en el parámetro pulpa/hueso, concordando con los resultados del presente trabajo.

4.2 PARÁMETROS QUÍMICOS

4.2.1 Perfil lipídico

En la Tabla 5 puede observarse la composición en ácidos grasos de los aceites evaluados. El comportamiento del perfil lipídico conforme aumenta la madurez puede tener distintas interpretaciones como fue expuesto durante la revisión. Para los aceites de ambos cultivares, en todos los IM y ácido graso evaluado, los valores se presentaron dentro de los parámetros establecidos por el COI (2016).

Tabla 5. Valor medio de la composición de ácidos grasos para los cultivares Arbequina y Coratina para los índices de madurez 1,78; 2,35; 2,7 y 1,25; 1,35; 2,06 respectivamente.

Ácido graso		Oliva virgen COI	Arbequina			Coratina		
			1.78	2.35	2.7	1.25	1.35	2.06
Palmitico	c16:0	7,5-20	17,4-0,91	18,5-0,40	16,9-0,39	11,5-0,28	11,6-0,18	11,9-0,07
Palmitoleico	c16:1	0,3-3,5	3,1-0,17	3,4-0,06	3,0-0,08	0,8-0,04	0,8-0,04	0,8-0,04
Margárico	c17:0	0-0,3	0,1-0,01	0,1-0,01	0,1-0,001	0,0-0,001	0,0-0,001	0,0-0,001
Margaroleico	c17:1	0-0,3	0,2-0,01	0,3-0,01	0,2-0,01	0,1-0,03	0,1-0,03	0,1-0,003
Oleico	c18:1	55-83	64,6-0,68	62,4-0,33	64,2-0,42	76,1-0,32	76,0-0,23	74,3-0,08
Linoleico	c18:2	3,5-21	11,5-0,17	12,4-0,06	12,7-0,18	7,5-0,05	7,3-0,08	9,4-0,05
Linolénico	c18:3	≤ 1,0	0,6-0,05	0,6-0,01	0,5-0,03	0,5-0,01	0,6-0,02	0,5-0,01
Araquídico	c20:0	0-0,6	0,3-0,03	0,3-0,01	0,3-0,01	0,3-0,01	0,4-0,001	0,3-0,01
Gadoleico	c20:1	0-0,4	0,3-0,02	0,2-0,01	0,2-0,02	0,3-0,01	0,4-0,01	0,3-0,001
Behenico	c22:0	0-0,2	0,1-0,01	0,1-0,03	0,1-0,02	0,1-0,01	0,1-0,01	0,1-0,01

*Cada dato se presenta con su respectivo valor de desvío promedio.

Para el cultivar Arbequina, el ácido palmítico (16:0) disminuyó con el avance de la madurez cómo ha sido reportado por varios autores, sin embargo no se observó igual comportamiento en Coratina. Esto podría entenderse por lo poco avanzada de la madurez en el último momento de análisis. El contenido de oleico (18:1) se mantuvo

relativamente constante para ambos cultivares y el contenido de linoleico (18:2) se incrementó, coincidiendo esto con lo descrito por Ayton et al. (2007).

A nivel nacional, Feippe et al. (2010b) encontraron algunos resultados distintos; para Arbequina indican que el contenido de 16:0 se mantuvo constante con el avance de la madurez y que el 18:1 disminuyó. Si se encontraron incrementos en el 18:2.

Los valores de 18:1 en este trabajo coinciden con los reportados a nivel nacional; Feippe et al. (2010b) reportan rangos de entre 60 y 67 % para Arbequina, al tiempo que Bruzzone et al. (2015) valores en el entorno de 70 % para Coratina.

Para el cultivar Arbequina, el ácido palmítico (16:0) disminuyó con el avance de la madurez cómo ha sido reportado por varios autores, sin embargo no se observó igual comportamiento en Coratina. Esto podría entenderse por lo poco avanzada de la madurez en el último momento de análisis. El contenido de oleico (18:1) se mantuvo relativamente constante para ambos cultivares y el contenido de linoleico (18:2) se incrementó, coincidiendo esto con lo descrito por Ayton et al. (2007).

A nivel nacional, Feippe et al. (2010b) encontraron algunos resultados distintos; para Arbequina indican que el contenido de 16:0 se mantuvo constante con el avance de la madurez y que el 18:1 disminuyó. Si se encontraron incrementos en el 18:2.

Los valores de 18:1 en este trabajo coinciden con los resultados nacionales; donde se reportan rangos de entre 60 y 67 % para Arbequina (Feippe et al., 2010b), y en entorno de 70 % para Coratina (Bruzzone et al., 2015).

La relación que un aceite presenta entre sus ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados (oleico respecto a linoleico) a lo largo del proceso de maduración, permite evaluar su estabilidad oxidativa así como también determinar sus propiedades nutricionales. A lo largo del proceso de maduración del fruto, la estabilidad de los aceites evaluados disminuyó (Tabla 6) como describen Beltrán et al. (2008), explicado fundamentalmente por las variaciones en los contenidos de linoleico (18:2). Resultados similares encontraron Feippe et al. (2010b) a nivel nacional para aceites de Arbequina.

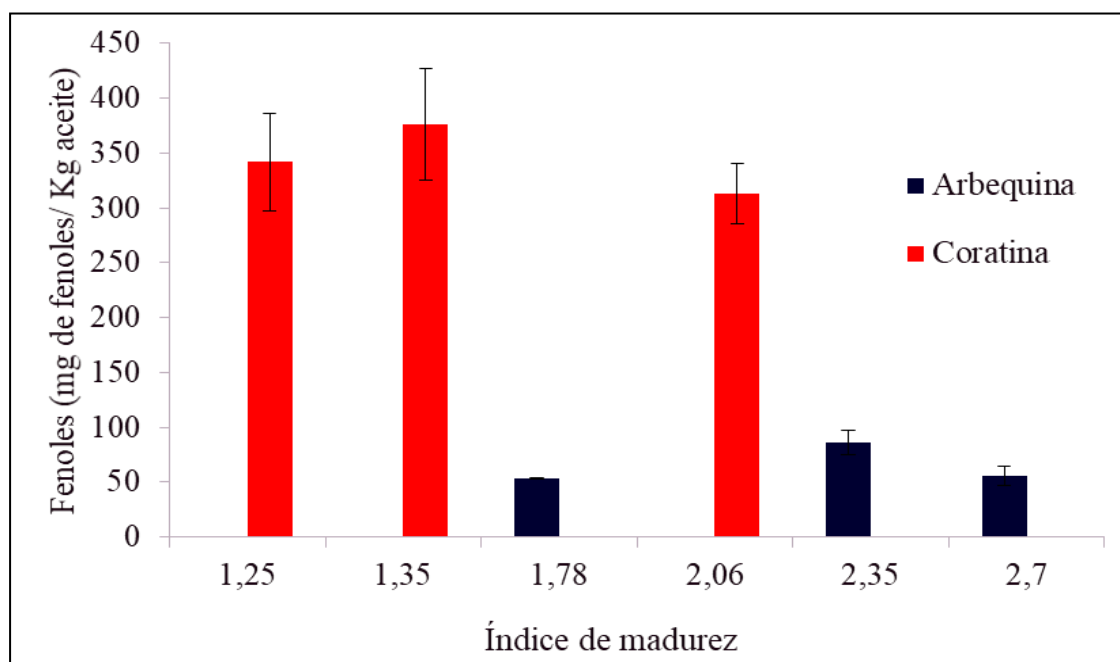
Tabla 6. Relación oleico/linoleico o MUFAs/PUFAs para los cultivares Arbequina y Coratina cosechados en los IM 1,78; 2,35; 2,7 y 1,25; 1,35; 2,06 respectivamente.

IM	Arbequina MUFAs/PUFAs	IM	Coratina MUFAs/PUFAs
1,78	5,60	1,25	10,10
2,35	5,04	1,35	10,38
2,70	5,07	2,06	7,78

4.2.2 Contenido fenólico

Se presenta en la Figura 10 el resultado de la evolución del contenido fenólico para los dos cultivares estudiados y en los tres momentos de madurez registrados. El máximo contenido de fenoles para Arbequina se registró en el IM 2,35 con un valor de 85,68 mg / Kg y para Coratina se registró en el IM 1,35 con un valor de 335,24 mg / Kg. En ambos casos, el contenido fenólico disminuyó conforme avanzó la madurez, situación coincidente con lo reportado por distintos autores (Beltrán et al. 2008, Dag et al. 2011, Villarino y Cabrera 2011, Grompone 2013c). Respecto al contenido absoluto, Coratina mostró un contenido total de fenoles de entre 4 o 5 veces más que Arbequina, lo cual coincide con lo reportado por Matías et al. (2010).

Figura 10. Contenido fenólico de los aceites obtenidos de los cultivares Arbequina y Coratina para los IM: 1,78; 2,35; 2,7 y 1,25; 1,35; 2,06 respectivamente.



Los valores obtenidos para Arbequina coinciden con el rango de 40 a 70 mg/Kg reportado para el país por Villarino y Cabrera (2011) pero se encuentran por debajo de lo indicado por Ibáñez et al. (2010) quienes mencionan valores de entre 100 y 300 mg/Kg. Bruzzone et al. (2015) señalan para Coratina rangos de entre 250 y 300 mg/Kg, lo que coincidiría con lo obtenido en este ensayo.

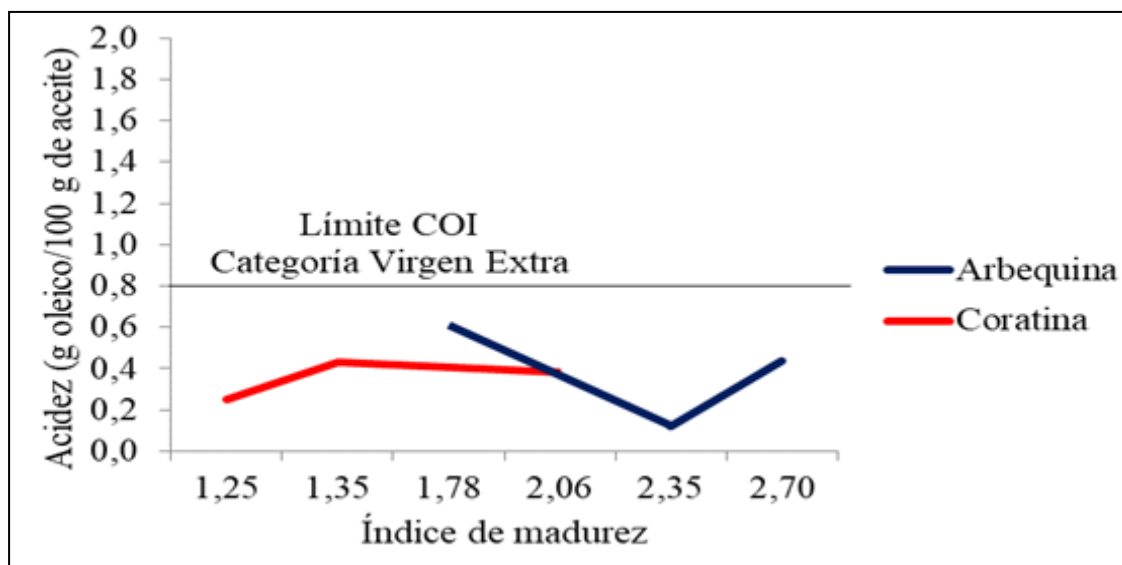
La estabilidad oxidativa es la medida de la resistencia al enranciamiento del aceite, que depende entre otros del contenido fenólico (Gutiérrez et al., 1999) y a lo largo de la maduración del fruto la estabilidad de los aceites decrece debido al descenso

del contenido total de fenoles y otros compuestos (Beltrán, 2008). Por lo tanto el contenido fenólico es uno de los principales parámetros a considerar por su efecto en la calidad del aceite y en su estabilidad.

4.2.3 Acidez libre

En la Figura 11 se presentan los valores de acidez para los tres índices de madurez evaluados en cada cultivar. El límite máximo que fija el COI (2016) para la categoría virgen extra es de 0,8 g de oleico / 100 gramos de aceite, y como se observa, los valores obtenidos se encuentran por debajo de éste.

Figura 11. Valor de acidez para los aceites de los cultivares Arbequina y Coratina, para los IM 1,78; 2,35; 2,7 y 1,25; 1,35; 2,06 respectivamente.

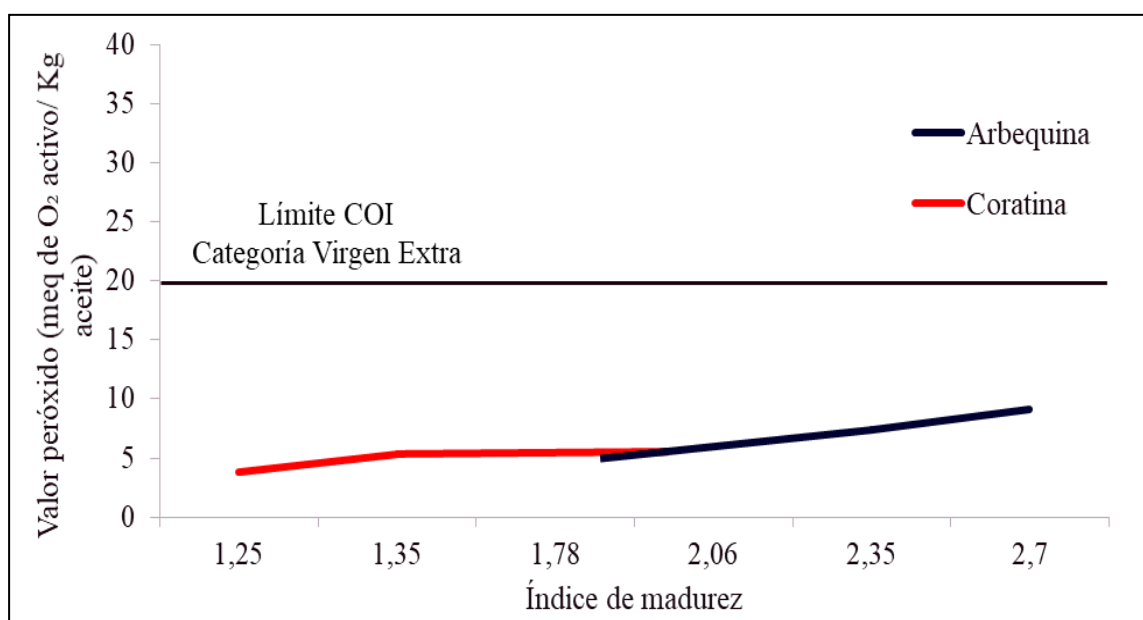


4.2.4 Índice de peróxidos

En la Figura 12 puede observarse que para ambos cultivares y para todos los índices de madurez, el valor peróxido se encuentra por debajo de 20 meq O₂ activo / Kg aceite, contenido límite que establece el COI (2016) para los aceites Vírgenes Extra.

Los resultados obtenidos coinciden con aquellos descritos por Dag et al. (2011) y por Villarino y Cabrera (2011) quienes afirman que el contenido de peróxidos aumenta con el avance de la madurez. Es importante destacar que este parámetro está afectado por el proceso de extracción, y las variaciones en los valores totales podrían ser explicados por éste (Grompone, 2013c).

Figura 12. Valor peróxido para los aceites de los cultivares Arbequina y Coratina, para los índices de madurez 1,78; 2,35; 2,7 y 1,25; 1,35; 2,06 respectivamente.



4.2.5 Absorbancia UV

Como puede observarse en la Tabla 7, los valores de K270, K232 y ΔK determinados se encuentran por debajo de los límites establecidos por el COI (2016), para la categoría de aceites virgen extra.

Tabla 7. Valor medio de las distintas absorbancias UV medidas y del parámetro ΔK , para los cultivares Arbequina y Coratina, para los índices de madurez 1,78; 2,35; 2,7 y 1,25; 1,35; 2,06 respectivamente.

Absorbancia	Límite VE COI	Arbequina			Coratina		
		1.78	2.35	2.7	1.25	1.35	2.06
K232	<2,5	0,314	0,39	0,443	0,269	0,3	0,434
K270	<0,22	0,063	0,016	0,133	0,071	0,141	0,128
ΔK	<0,01	-0,0007	-0,0019	-0,0003	-0,0017	-0,0021	-0,0005
K274		0,058	0,006	0,131	0,065	0,137	0,124
K266		0,069	0,031	0,134	0,082	0,149	0,134

Por los valores obtenidos de K232 y K270 puede afirmarse que se está trabajando con aceites no adulterados y no deteriorados, frescos, que presentan muy pocos productos de oxidación primaria (dienos conjugados) y secundaria (dicetonas etílicas, aldehídos, cetonas y trienos conjugados).

Los resultados obtenidos concuerdan con lo expresado por Villarino y Cabrera (2011) quienes expresan que no existe correlación entre los valores de absorbancia y el avance de la madurez

4.3 RESUMEN RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 13 resume la vinculación de los parámetros evaluados en este trabajo, con los diferentes aspectos que hacen a la calidad en los AOVs. Mostrando a su vez, la metodología mediante la cual se determinan dichos parámetros, los rangos exigidos por el COI (2016) para la categoría extra virgen. También se presentan los resultados obtenidos en este trabajo para aceites de los cultivares Arbequina y Coratina plantados en el este del Uruguay y cosechados en diferentes estados de madurez, que como ya se mencionó es un índice de color, utilizado como criterio de cosecha, pero que no es un buen indicador de la madurez de la fruta en todos sus aspectos.

El éxito para el productor olivarero, estará dado por la combinación entre cantidad y calidad de aceite que logre obtener de sus plantaciones. La cantidad, o rendimiento no está correlacionada con la calidad, y dependerá de los quilogramos de aceitunas cosechados y el rendimiento graso de las mismas. En este trabajo el rendimiento, o tenor graso fue del orden del 50% en base seca para ambos cultivares, coincidiendo con la bibliografía nacional e internacional.

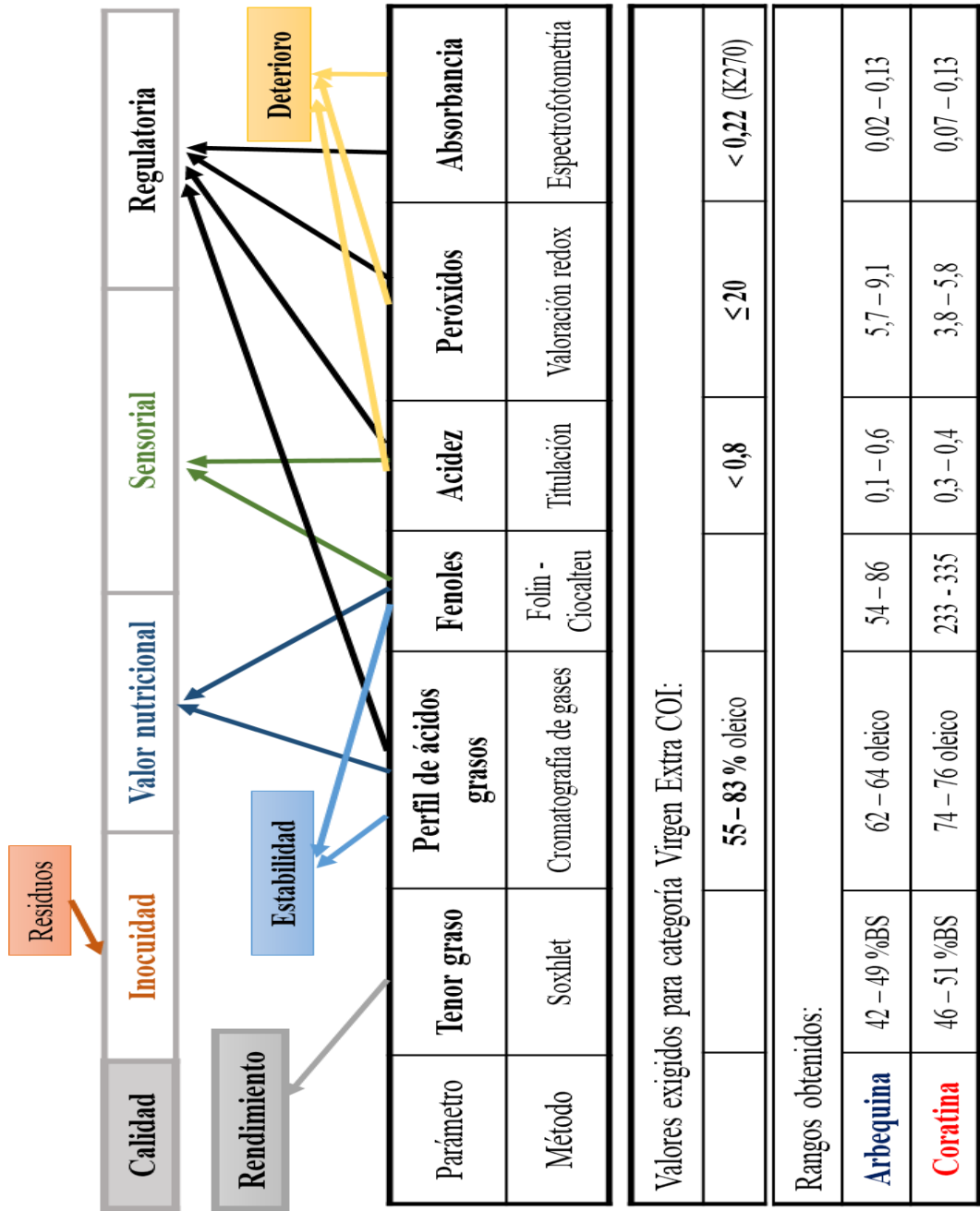
En tanto la calidad del aceite, tal como se presentó en la revisión, puede ser desagregada en varios aspectos como: inocuidad, que podría verse afectada por residuos de agroquímicos, no se evaluó en este trabajo.

La calidad nutricional de los aceites fue evaluada por el perfil de ácidos grasos y el contenido de fenoles (antioxidantes), donde se constató que los rangos en que se encontraba el ácido oleico estaban dentro de los exigidos por el COI (2016), si bien la relación MUFAs/PUFAs disminuyó con el avance de la madurez para ambos cultivares; al tiempo que se observaron diferencias en los rangos de fenoles, siendo unas tres veces superior el de Coratina frente al de Arbequina.

De los parámetros evaluados, hacen a la calidad sensorial: la acidez (que para los aceites evaluados siempre fue muy inferior al máximo aceptado por el COI (2016) para la categoría extra virgen) y el contenido de fenoles.

Al tiempo que todos los parámetros de calidad evaluados reglamentados por el COI (2016) se encontraron dentro de los valores exigidos para ser considerados como aceites extra vírgenes. A su vez, los parámetros evaluados se podrían agrupar en los que aportan información sobre el grado de oxidación de un aceite (acidez, peróxidos y absorbancia) y por otro lado los que determinan la estabilidad de los aceites a la oxidación, de lo que se resume que los aceites en estudio, presentaron una estabilidad inherente dada por la composición en ácidos grasos similar, en tanto difieren para los cultivares en su riqueza en fenólica, al tiempo que en todos los casos se trató de aceites frescos, con muy bajos niveles de oxidación.

Figura 13. Incidencia de los parámetros evaluados sobre los diferentes aspectos que hacen a la calidad en los AOV, su metodología de determinación y rango de valores exigido para ser considerado AOV en relación a los datos obtenidos en el presente trabajo.



5 CONCLUSIONES

Los parámetros evaluados en los aceites obtenidos en este ensayo, de plantaciones en la zona este del Uruguay, se encuentran dentro de los rangos establecidos por el COI (2016) para tipificarse como Vírgenes Extra.

Los parámetros acidez, índice de peróxidos y absorbancia, señalan que se trata de aceites obtenidos a partir de fruta sana, mediante un adecuado proceso de extracción y sin adulteraciones.

Desde el punto de vista del valor nutricional, específicamente respecto al contenido de fenoles y ácido oleico, los aceites estudiados están determinados por características varietales y coinciden con lo reportado por la bibliografía nacional e internacional. El aceite de Arbequina es un aceite con menores niveles de fenoles y menor proporción de ácido oleico, en comparación con el de Coratina, considerando todos los IM estudiados, esto hace al aceite de Arbequina menos estable y de menor valor nutricional en relación al de Coratina, tal como está reportado.

El contenido de fenoles totales presentó un máximo, que se obtuvo en la fecha 30 de marzo, coincidiendo con un IM de 2,35 en Arbequina y 1,35 para Coratina, con valores de 85,7 mg/Kg para Arbequina y 335,2 mg/Kg para Coratina.

El rendimiento en aceite fue en aumento a medida que avanzaba la madurez en ambos cultivares evaluados, no detectándose reducciones en el tenor graso, ya que no se evaluaron IM mayores a 2,7 en Arbequina y 2 en Coratina. En tanto, el comportamiento diferencial entre cultivares en contenido fenólico y relación MUFAs/PUFAs señala la importancia de que cada cultivar presenta diferentes óptimos de IM para utilizarlo como criterio de cosecha. Esto respalda el hecho reportado de que este índice que considera solo color, no es un indicador de todos los procesos de madurez que ocurren en la fruta.

Se concluye que es relevante considerar tanto el rendimiento en aceite como el contenido fenólico para establecer el mejor momento de cosecha. Este concepto es aún más relevante en el cultivar Arbequina, que tiene un potencial fenólico inferior, genéticamente determinado.

Este ensayo se plantea como un aporte al conocimiento de la calidad de los aceites de oliva producidos en Uruguay, en el contexto de un rubro que ha tenido una fuerte expansión en los últimos 15 años, y por lo tanto una reciente historia tanto para la producción como para la investigación. Sería de interés repetir este ensayo de caracterización del rendimiento y calidad de aceite ampliando el rango de IM considerado, incluyendo otros cultivares y zonas del país, así como también realizar el seguimiento de los parámetros de calidad durante un año de almacenamiento, con el fin de conocer la evolución de la estabilidad durante la vida de estantería del aceite.

6 RESUMEN

La revalorización de la dieta mediterránea, asociada a productos benéficos para la salud, ha llevado a un aumento de la demanda a nivel mundial del aceite de oliva entre otros productos. Desplazando su zona de producción típica mediterránea hacia nuevas áreas como lo es el caso de Uruguay, donde en los últimos quince años la superficie explotada pasó de menos de mil a más de 9000 hectáreas, con una producción orientada a la obtención de aceites de oliva vírgenes extra de calidad. En ese contexto, el presente trabajo se propuso conocer el comportamiento de los dos cultivares más plantados en el país (Arbequina y Coratina) en relación a su rendimiento en aceite y descriptores químicos de su calidad conforme avanza la madurez de la fruta, para la zona este del país. De acuerdo con los resultados obtenidos para los parámetros evaluados, estos aceites pertenecen a la categoría virgen extra según lo exigido por la norma comercial COI; presentando Coratina un contenido de fenoles totales mayor que Arbequina, consistente con lo reportado en países típicamente productores de clima mediterráneo. Se concluye que es relevante considerar tanto el rendimiento en aceite como el contenido fenólico para establecer el mejor momento de cosecha ya que ambos parámetros evolucionan en forma inversa con la madurez. Este concepto es aún más relevante en el cultivar Arbequina, que tiene un potencial fenólico inferior, genéticamente determinado. El IM (en tanto índice de color) presenta limitantes como criterio de cosecha y es dependiente de cada cultivar.

Palabras clave: *Olea europaea* L.; Calidad de aceite; Aceite virgen extra; Olivicultura; Estado de madurez.

7 SUMMARY

Worldwide demand on olive oil-among others- has increased in great amount due to the appreciation for the Mediterranean eating habits associated with healthy products. The main areas for olive oil productions have shifted from the typical Mediterranean ones to new others. It is the case of Uruguay which production area has increased from 1000 to more than 9000 hectares in the last fifteen years and it is focused on extra virgin great quality olive oil production. This is the context in which we are set to study the behavior of the two most important cultivars in the country (Arbequina and Coratina) in association to the amount of oil it can be obtained and chemical descriptors of quality during the fruit ripening, for the east of the country. According to the outcome for the evaluated parameters, these oils belong to the extra virgin category for the Commercial Rule COI; it was found more quantity of phenols in Coratina than in Arbequina, which is consistent with the reported information from productive Mediterranean countries. In conclusion, it is relevant to consider oil and phenolic contents to determine the optimum crop time because both parameters behave inversely during fruit ripening. This is particularly important for Arbequina, whose total phenolic content is lower, genetically determine. IM (as color index) varies according to cultivar and it is not a complete tool to determine optimum harvest moment.

Key words: *Olea europaea* L.; Oil quality; Virgin extra oil; Olive crop; Maturity index.

8 BIBLIOGRAFÍA

1. AOAC (Association of Official Analytical Chemists, US). 1990. Official methods of analysis. Washington, D. C., USA. 1213 p.
2. Arias, M.; Severino, V. 2013. Fisiología de la fructificación; producción del olivo en las condiciones climáticas del Uruguay. In: Grompone, A.; Villamil, J. coords. Aceites de oliva; de la planta al consumidor. Montevideo, Hemisferio Sur. t.1, pp. 253-268.
3. Aparicio, R.; Harwood, J. 2003. Manual del aceite de oliva. Madrid, Mundi-Prensa. 614 p.
4. ASOLUR (Asociación Olivícola Uruguaya, UY). Cifras. (en línea). s.l. s.p. Consultado 10 oct. 2016. Disponible en <http://asolur.org.uy/cifras/>
5. Ayton, J.; Mailer, R. J.; Haigh, A.; Tronson, D.; Conlan, D. 2007. Quality and oxidative stability of Australian olive oil according to harvest date and irrigation. *Journal of Food Lipids*. 14:138-156.
6. Barranco, D.; Fernández-Escobar, R.; Rallo, L. eds. 2008a. El cultivo del olivo. 6a. ed. Madrid, Junta de Andalucía/Mundi-Prensa. 846 p.
7. _____. 2008b. Variedades y patrones. In: Barranco, D.; Fernández-Escobar, R.; Rallo, L. eds. El cultivo del olivo. 6a. ed. Madrid, Junta de Andalucía/Mundi-Prensa. pp. 63-92.
8. Beltrán, G.; Del Río, C.; Sánchez, S.; Martínez, L. 2004. Seasonal changes in olive fruit characteristics and oil accumulation during ripening process. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 84:1783–1790.
9. _____.; Aguilera, M.; Del Río, C; Sánchez, S.; Martínez, L. 2005. Influence of fruit ripening process on the natural antioxidant content of Hojiblanca virgin olive oils. *Food Chemistry*. 89:207–215.
10. _____.; Uceda, M.; Hermoso, M.; Farías, L. 2008. Maduración. In: Barranco, D.; Fernández-Escobar, R.; Rallo, L. eds. El cultivo del olivo. 6a. ed. Madrid, Mundi-Prensa. pp. 163-187.
11. Briante, R.; Patumi, M.; Limongelli, S.; Febbraio, F.; Vaccaro, C.; Di Salle, A.; La Cara, F.; Nucci, R. 2002. Changes in phenolic and enzymatic activities content during fruit ripening in two Italian cultivars of *Olea europaea* L. *Plant Science*. 162:791-798.

12. Bruzzone, J.; Martínez, C.; Villamil, J. J.; Fredes, A.; Conde P. 2015. Estudio de la calidad de aceites de oliva elaborados a partir de variedades cultivadas en Uruguay. *In*: Jornada de Divulgación (2015, Las Brujas). Resultados experimentales en olivo. Montevideo, INIA. pp. 44-49 (Actividades de Difusión No. 754).
13. Caballero, J. 2013. La olivicultura en Iberoamérica. *In*: Grompone, M; Villamil, J. coords. Aceites de oliva; de la planta al consumidor. Montevideo, Hemisferio Sur. t.1, pp. 15-34.
14. Carbajal, A.; Ortega, R. 2001. La dieta mediterránea como modelo de dieta prudente y saludable. *Revista Chilena de Nutrición*. 28 (2): 224-236.
15. Castaño, J. P.; Giménez, A.; Ceroni, M.; Furest, J.; Aunchayna, R. 2011. Caracterización agroclimática del Uruguay 1980-2009. Montevideo, INIA. 34 p. (Serie Técnica No. 193).
16. Civantos, L. 2008. La olivicultura en el mundo y en España. *In*: Barranco, D.; Fernández-Escobar, R.; Rallo, L. eds. El cultivo del olivo. 6a. ed. Madrid, Junta de Andalucía/Mundi-Prensa. pp. 17-36.
17. COI (Consejo Oleícola Internacional, ES). 2000. Catálogo mundial de variedades de olivo. Madrid, España. 360 p.
18. _____. 2007. Técnicas de producción en olivicultura. Madrid, España. 346 p.
19. _____. 2015. Economía, cifras aceites de oliva. (en línea). Madrid, España. s.p. Consultado 6 jul. 2016. Disponible en <http://www.internationaloliveoil.org/estaticos/view/131-world-olive-oil-figures>
20. _____. 2016. Norma comercial aplicable a los aceites de oliva y los aceites de orujo de oliva; COI/T.15/NC No. 3/Rev. 11. (en línea). Madrid, España. s.p. Consultado 25 set. 2016. Disponible en http://www.internationaloliveoil.org/estaticos/view/222-standards?lang=es_ES
21. Conde, P.; Villamil, J. J.; Villamil, J. 2010. Evaluación de variedades de olivo del Uruguay. *In*: Jornada de Divulgación (2010, Las Brujas). Resultados experimentales en olivo. Montevideo, INIA. pp. 1-10 (Actividades de Difusión No. 626).
22. _____.; _____. 2012. Uruguay. *In*: El-Kholy, M. ed. Following olive footprints (*Olea europaea* L.); cultivation and culture, folklore and history, traditions and uses. Córdoba, Luque. pp. 414-420.

23. Dag, A.; Karem, Z.; Yogeve, N.; Zipori, I.; Lavee, S.; Ben-David, E. 2011. Influence of time of harvest and maturity index on olive oil yield and quality. *Scientia Horticulturae*. 127:358-366.
24. Docampo, R.; Silva A. 2013. Suelos y su manejo. In: Grompone, A.; Villamil, J. coords. Aceites de oliva; de la planta al consumidor. Montevideo, Hemisferio Sur. t.1, pp. 91-122.
25. Durán, A.; García Préchac, F. 2007. Suelos del Uruguay; origen, clasificación, manejo y conservación. Montevideo, Hemisferio Sur. v. 2, 354 p.
26. FAO (Food and Agriculture Organization, IT). 2004. Inocuidad y calidad de los alimentos en Europa; aspectos relacionados con la calidad, el equilibrio nutricional, la importancia de los terrenos agrícolas y el patrimonio cultural (“terroirs”). (en línea). In: Conferencia Regional de la FAO para Europa (24^a, 2004, Montpellier, France). Informe sobre las actividades de la FAO en la Región, 2002-03. Roma. s.p. Consultado 1 oct. 2016. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/MEETING/007/J1875s.HTM>
27. Feippe, A.; Ibáñez, F.; Fredes, A.; Calistro, P. 2010a. Evolución del contenido de aceite en relación al estado de madurez del fruto, de las variedades Arbequina, Frantoio y Picual. Montevideo, INIA. 41 p. (Actividades de Difusión No. 626).
28. _____; _____; Altier, G. P. 2010b. Fruit ripening stage effect on the fatty acid profile of “Arbequina” and “Picual” olives in Uruguay. *Acta Horticulturae*. No. 877:1495-1500.
29. Fernández-Escobar, R.; Benlloch, M.; Navarro, C.; Martin, G. C. 1992. The time of floral induction in the olive. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 117:304-307.
30. _____. 2008. Maduración. In: Barranco, D.; Fernández-Escobar, R.; Rallo, L. eds. El cultivo del olivo. 6a ed. Madrid, Junta de Andalucía/Mundi-Prensa. pp. 140-197.
31. Fichet, T.; Loreto, P. 2013. Comportamiento fenológico del olivo en Chile. In: Fichet, T.; Henríquez, J. L. eds. Aportes al conocimiento del cultivo del olivo en Chile. Santiago, Chile, Universidad de Chile. pp. 13-38.
32. Fourment, M. M.; Politi, I. 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.

33. Gámbaro, A. 2013a. Beneficios para la salud del aceite de oliva. *In*: Grompone, A.; Villamil, J. coords. Aceites de oliva; de la planta al consumidor. Montevideo, Hemisferio Sur. t. 2, pp. 165-186.
34. _____. 2013b. Calidad sensorial del aceite de oliva virgen. *In*: Grompone, A.; Villamil, J. coords. Aceites de oliva; de la planta al consumidor. Montevideo, Hemisferio Sur. t. 2, pp. 141-164.
35. García, J. M.; Seller, S.; Pérez-Camino, M. C. 1996. Influence of fruit ripening on olive oil quality. *Journal of Agricultural Food and Chemistry*. 44:3516-3520.
36. Giménez, C.; Fereres, E.; Ruz, C.; Orgaz, F. 1997. Water relations and gas exchange of olive trees; diurnal and seasonal patterns of leaf water potential, photosynthesis and stomatal conductance. *Acta Horticulturae*. No. 449:411-415.
37. Girona, J. 1996. Requerimientos hídricos del olivo; estrategias de aplicación de cantidades limitadas de agua de riego en "Arbequina". *Fruticultura Profesional*. 81:32-40.
38. Gómez-González, S.; Ruiz-Jiménez, J.; Luque de Castro, M. D. 2011. Oil content and fatty acid profile of Spanish cultivars during olive fruit ripening. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 88:1737-1745.
39. Gould, W. A. 1992. Total quality management for the food industries. Baltimore, CTI. 165 p.
40. Grompone, A. 2013a. Aceites de oliva y de orujo de oliva. *In*: Grompone, A.; Villamil, J. coords. Aceites de oliva; de la planta al consumidor. Montevideo, Hemisferio Sur. t. 2, pp. 55-66.
41. _____.; Irigaray, B. 2013b. Análisis de los aceites de oliva y de los aceites de orujo de oliva. *In*: Grompone, A.; Villamil, J. coords. Aceites de oliva; de la planta al consumidor. Montevideo, Hemisferio Sur. t. 2, pp. 95-140.
42. _____. 2013c. Características y propiedades del aceite de oliva. *In*: Grompone, A.; Villamil, J. coords. Aceites de oliva; de la planta al consumidor. Montevideo, Hemisferio Sur. t. 2, pp. 67-94.
43. Gucci, R.; Gentile, S.; Serravalle, M.; Tomei, F.; Rapoport, H. F. 2004. The effect of irrigation on fruit development of olive cultivars Frantoio and Leccino. *Acta Horticulturae*. No. 664:291-295.
44. Guerrero, A. 2003. Nueva olivicultura. Madrid, Mundi-Prensa. 299 p.

45. Gutiérrez, F.; Jiménez, B.; Ruíz, A.; Albi, M. A. 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 of Agricultural Food and Chemistry*. 47:121–127.
46. Hurtado, M.; Estay, K., Sepúlveda, E. 2013. Influencia del manejo agronómico sobre la calidad del aceite de oliva. *In*: Fichet, T.; Henríquez, J. L. eds. *Aportes al conocimiento del cultivo del olivo en Chile*. Santiago, Chile, Universidad de Chile. pp. 207-226.
47. ISO (International Organization for Standardization, CH). 1996. Animal and vegetable fats and oils; determination of acid value and acidity (ISO 660:1996). Geneva, Switzerland. 9 p.
48. _____. 2001. Animal and vegetable fats and oils; determination of peroxide value iodometric (visual) endpoint determination (ISO 3960:2001). Geneva, Switzerland. 10 p.
49. _____. 2015. Quality management systems; fundamentals and vocabulary (ISO 9000:2015). Geneva, Switzerland. 51 p.
50. ITC (International Trade Centre, CH). 2015. Trade Map. (en línea). Genève. s.p. Consultado 15 jul. 2016. Disponible en http://www.trademap.org/Country_SelProduct.aspx?nvpm=3||||0711|||4|1|1|2|1|1|2|1|1
51. Lavee, S.; Wonder, M. 1991. Factors affecting the nature of oil accumulation in fruit of olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Journal of Horticultural Science*. 66 (5): 583-591.
52. _____.; _____. 2004. The effect of yield, harvest time and fruit size on the oil content in fruits of irrigated olive trees (*Olea europea* L.), cvs. Barnea and Manzanilla. *Scientia Horticulturae*. 99:267–277.
53. López, S. A.; Silveira, V. A. 2011. Estudio de las variedades de *Olea europaea* L. establecidas en Uruguay, con énfasis en su historia, caracterización morfológica, y diversidad genética a partir de marcadores moleculares. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 194 p.
54. MAP. CIAAB (Ministerio de Agricultura y Pesca. Centro de Investigaciones Agrícolas Alberto Boerger., UY). 1971. Clima y agricultura. Colonia. 56 p. (Boletín de Divulgación No. 9).
55. Martinelli, L.; Villamil, J. J.; Bruzzone, J.; Ashfield, R.; Bianchi, D.; Martínez, C.; Zoppolo, R.; Villamil, J.; Conde, P. 2015. Efecto de poda anual vs. poda

- bianual en Arbequina y Frantoio. Montevideo, INIA. 49 p. (Actividades de Difusión No. 754).
56. Matías, A. C.; Toro, A. A.; Montalvan, I. D.; Molina, M. S. 2010. Variedades de olivo cultivadas en las provincias de Catamarca y La Rioja, Argentina. Buenos Aires, INTA. 70 p.
57. Melgarejo, M. I. 2013. Elaboración de aceite virgen. In: Grompone, A.; Villamil, J. coords. Aceites de oliva; de la planta al consumidor. Montevideo, Hemisferio Sur. t. 2, pp. 37-53.
58. MGAP. DIRENARE (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de Recursos Naturales Renovables, UY). s.f. Grupos de suelo CONEAT. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 15 jul. 2016. Disponible en <http://web.renare.gub.uy/js/visores/coneat/>
59. _____. OPYPA (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Oficina de Programación y Política Agropecuaria, UY). 2015. Anuario. Montevideo, Uruguay. 511 p.
60. Nelson, D. L.; Cox, M. M. eds. 2014. Lenhinger; principios de bioquímica. 6a. ed. Barcelona, OMEGA. 1196 p.
61. OPP. PACC (Oficina de Planeamiento y Presupuesto. Programa de Competitividad de Conglomerados y Cadenas productivas.). 2012. Plan de refuerzo de la competitividad agroindustrial olivícola en Uruguay 2012-2020. Montevideo. 176 p.
62. Paz, I.; Molero, M. 2000. Aplicación de la espectrofotometría UV-visible al estudio de la estabilidad térmica de aceites vegetales comestibles. Revista Grasas y Aceites. 51 (6): 424-426.
63. Pinheiro, M. J.; Rodríguez-García, M. I.; Olmendiá, A. 2001. Caracterización histoquímica de la etapa temprana del desarrollo del fruto del olivo (*Olea europaea* L.). Acta Botanica Brasilica. 16 (1): 77-82.
64. Ponce, H.; Sepulveda, V. 2014. Caracterización química y sensorial de aceites de oliva extra vírgenes de siete variedades cultivadas en las provincias de Elqui y Limari, región de Coquimbo. Tesis Ing. Agr. La Serena, Chile. Facultad de Ciencias. Escuela de Agronomía. 152 p.
65. Rallo, L. 1994. Fructificación y producción del olivo. Revista Agropecuaria. 63 (746): 725-72.

66. Rapoport, H. F. 2008. Botánica y morfología. In: Barranco, D.; Fernández-Escobar, R.; Rallo, L. eds. El cultivo del olivo. 6a. ed. Madrid, Junta de Andalucía/Mundi-Prensa. pp. 37-62.
67. Rondanini, D.; Castro, D.; Searles, P.; Rousseaux, C. 2014. Contrasting patterns of fatty acid composition and oil accumulation during fruit growth in several olive varieties and locations in a non-mediterranean región. *European Journal of Agronomy*. 52:237-246.
68. Solé-Riera, M. A. 1990. The influence of auxiliary drip irrigation, with low quantities of water in olive trees in las Garrigas (cv. Arbequina). *Acta Horticulturae*. No. 286: 307-310.
69. Tognetti, R.; D'Andaria, R.; Sacchi, R.; Lavini, A.; Motelli, G.; Alvino, A. 2007. Deficit irrigation affects seasonal changes in leaf physiology and oil quality of *Olea europaea* (cultivars Frantoio and Leccino). *Annals of Applied Biology*. 150:169-186.
70. Tous, J.; Romero, A.; Plana, J.; Guerrero, L.; Díaz I.; Hermoso, J. F. 1997. Características químico-sensoriales de los aceites de oliva "Arbequina" obtenidos en distintas zonas de España. *Revista Grasas y Aceites*. 48 (6): 415-424.
71. Uceda, M.; Hermoso, M.; 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, Junta de Andalucía/Mundi-Prensa. pp. 699-727.
72. Uruguay XXI. Oficina de Promoción de Inversiones y Exportaciones. 2014. El sector olivícola. Montevideo, Uruguay. 19 p.
73. UNIT (Instituto Uruguayo de Normas Técnicas, UY). 1999. Grasas y aceites animales y vegetales; determinación de valor ácido y acidez (Norma 1048:1999). Montevideo, Uruguay. 10 p.
74. Villamil, J.; Conde, P. 2013. Variedades. In: Grompone, A.; Villamil, J. coords. Aceites de oliva; de la planta al consumidor. Montevideo, Hemisferio Sur. t.1, pp. 51-74.
75. _____. 2015. La olivicultura en el Uruguay; situación y perspectiva. (en línea). Montevideo, UdelaR. Facultad de Química. s.p. Consultado 7 set. 2016. Disponible en http://cursos.quimica.fq.edu.uy/pluginfile.php/137270/mod_resource/content/1/10_abril_2015_Villamil_Subir.pdf

76. Villarino, A. G.; Cabrera, C. B. 2011. Efecto del momento de cosecha en la calidad del aceite de oliva de la variedad arbequina. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 61 p.
77. Wang, X. M.; Hildebrand, D. F. 1988. Biosynthesis and regulation of linolenic acid in higher plants. *Plant Physiology and Biochemistry Journal*. 26 (6): 777-792.
78. Westwood, M. 1982. *Fruticultura de zonas templadas*. Madrid, Mundi-Prensa. 461 p.

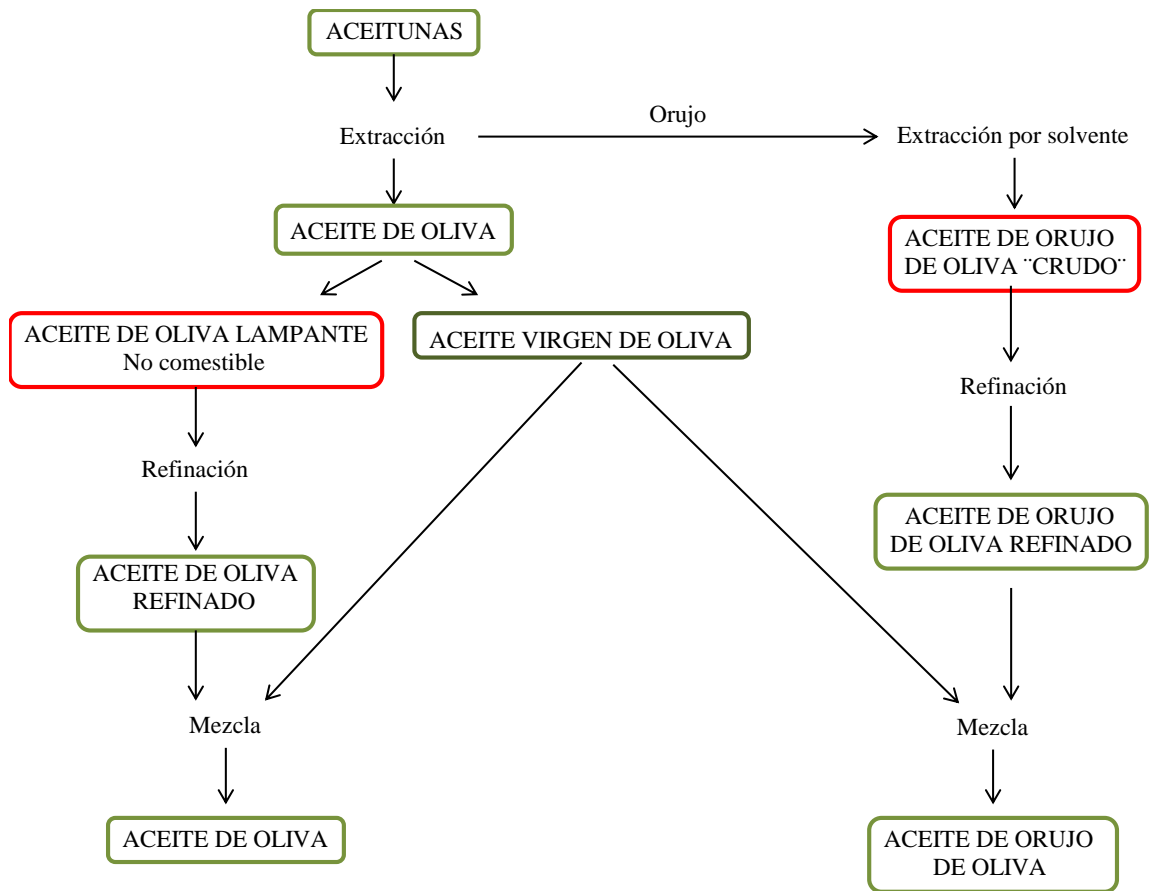
9 ANEXOS

Anexo 1. Rangos en el contenido de cada ácido graso expresados en porcentaje sobre el total.

Ácido graso		Oliva virgen	Oliva y oliva refinado	Orujo y orujo refinado
Palmítico	c16:0	7,5-20,0	7,5-20,0	7,5-20,0
Palmitoleico	c16:1	0,3-3,5	0,3-3,5	0,3-3,5
Margárico	c17:0	0-0,3	0-0,3	0-0,3
Margaroleico	c17:1	0-0,3	0-0,3	0-0,3
Oleico	c18:1	55,0-83,0	55,0-83,0	55,0-83,0
Linoleico	c18:2	3,5-21,0	3,5-21,0	3,5-21,0
Linolénico	c18:3	≤ 1,0	≤ 1,0	≤ 1,0
Araquídico	c20:0	0-0,6	0-0,6	0-0,6
Gadoleico	c20:1	0-0,4	0-0,4	0-0,4
Behenico	c22:0	0-0,2	0-0,2	0-0,3

Fuente: COI (2016).

Anexo 2. Esquema descriptivo de las categorías de aceites no vírgenes.



COI/T.15/NC no. 3/Rev. 10
Noviembre de 2015