

UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE AGRONOMÍA

MEMORIA DE TITULO

**ESTUDIO EXPLORATORIO DE LA DETERMINACIÓN DE VIGOR EN OLIVOS
DE LA VARIEDAD ARBEQUINA Y SU INFLUENCIA EN LAS
CARACTERÍSTICAS DE LAS ACEITUNAS Y DEL ACEITE.**

**EXPLORATORY STUDY OF VIGOR DETERMINATION IN OLIVE TREES
VARIETY ARBEQUINA AND THE INFLUENCE ON OLIVES AND OIL
CHARACTERISTICS.**

KATHERINE ALEJANDRA RAMÍREZ ORELLANA

**SANTIAGO – CHILE
2007**

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

ESTUDIO EXPLORATORIO DE LA DETERMINACIÓN DE VIGOR EN OLIVOS
DE LA VARIEDAD ARBEQUINA Y SU INFLUENCIA EN LAS
CARACTERÍSTICAS DE LAS ACEITUNAS Y DEL ACEITE.

Memoria para optar al Título Profesional
de Ingeniero Agrónomo
Mención: Agroindustria

KATHERINE ALEJANDRA RAMÍREZ ORELLANA

PROFESOR GUÍA	Calificación
Sra. Maria de la Luz Hurtado P. Ingeniero Agrónomo, M. S.	6,6
PROFESORES EVALUADORES	
Sra. Elena Sepúlveda E. Ingeniero Agrónomo.	6,5
Sr. Luis Faúndez Y. Ingeniero Agrónomo.	7,0

Santiago, Chile. 2007.

A mis padres.
A ti, que ya no perteneces a este tiempo...

AGRADECIMIENTOS

Aun me cuesta creer que este momento este llegando, son muchos sentimientos y agradecimientos guardados en mi corazón para todos los seres que me ayudaron a hacer realidad este momento.

En primer lugar quiero agradecer a Dios por esa paz y energía que me ayudaron a tener paciencia en este largo proceso, agradecerle además por los maravillosos padres que me regaló, que me brindaron su apoyo incondicional, que rieron conmigo y me ayudaron a levantarme en los momentos difíciles... para ellos, en especial, va dedicado todo este esfuerzo, nunca tendré las palabras precisas ni el tiempo necesario para agradecerles todo lo que me han entregado.

A ti Mami.. que siempre compartiste mis triunfos, mis alegrías y tristezas, estés donde estés... se que la felicidad no cabría en tu corazón al saber que termino una etapa y emprendo un nuevo desafío, cuídame e ilumina mi camino... siempre vivirás en mis recuerdos.

Nicole muchas gracias por entenderme, amarme y apoyarme sin condición, juntas hemos aprendido grandes lecciones y hemos compartido momentos preciosos que me acompañaran para siempre.

Nicolás...pedacito de miel, muchas gracias por tu paciencia, por escucharme, por correr a mi lado cada vez que necesitaba que me abrazaras para saber que todo saldría bien, gracias por acompañarme, por hacerme reír, por hacerme volver a la realidad y darme cuenta que las cosas no eran tan graves y sobre todo gracias por tu amor. A tu familia también muchas gracias por su apoyo y preocupación.

A mis tías Sylvia y Patricia, gracias por creer en mi y brindarme su amor y apoyo incondicionales.

A mi profesora guía...muchas gracias profe Malu por su apoyo, tiempo, preocupación y por todos los conocimientos entregados.

Gracias a mis Amigos por creer en mí y por darme la confianza que necesitaba para esperar tranquila que llegara este momento.

A mi "*Chubarra*" por su lealtad y cariño inquebrantables... gracias por tu compañía silenciosa en esas largas noches de estudio y por todas esas veces que me hiciste reír cuando lo único que quería era llorar.

Este logro no es solo mío...es de todos ustedes. Gracias a Dios por haberlos puesto en mi camino...

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
SUMMARY.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
Lugar del estudio.....	7
Materiales.....	7
Metodología.....	8
Tratamientos y diseño de experimentos.....	8
Procedimiento.....	9
Variables determinadas.....	10
Análisis de suelo N, P, K.....	10
Análisis foliar.....	10
Análisis a los árboles.....	10
Análisis a los frutos.....	10
Análisis al aceite.....	11
Análisis estadístico.....	12
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	13
Análisis de suelo N, P, K.....	13
Análisis foliar.....	13
Características de los árboles.....	14
Perímetro de tronco.....	14
Carga frutal.....	14
Índice de área foliar.....	15
Características de los frutos.....	15
Peso promedio.....	15
Tamaño de los frutos.....	16
Índice de madurez.....	17
Relación pulpa carozo.....	18
Contenido de humedad.....	19
Contenido de aceite.....	19
Características del aceite.....	21
Rendimiento industrial.....	21
Acidez libre.....	21
Índice de peróxidos.....	22
Polifenoles totales.....	22
Índice de amargor.....	23
Coeficiente de extinción ultravioleta.....	23
Composición de ácidos grasos.....	24
Análisis sensorial.....	25
CONCLUSIONES.....	27
BIBLIOGRAFÍA.....	28
ANEXOS.....	33

RESUMEN

En un huerto de olivos (*Olea europea* L.) de la variedad Arbequina, se estudió el efecto de dos estados de vigor (alto y bajo) sobre las características de los árboles, de los frutos y del aceite obtenido de éstos. Para determinar el vigor del huerto se tomó una fotografía aérea digital y a partir de esta imagen se calculó el NDVI (índice vegetativo de diferencia normalizada) y se obtuvo un mapa del estado de vigor del huerto. Con esta información se procedió a marcar los árboles, definiéndose dos tratamientos (T1: árboles de alto vigor y T2: árboles de bajo vigor), con cuatro repeticiones cada uno. Se efectuaron análisis de suelo y análisis foliar para determinar los nutrientes (N,P,K) disponibles y utilizados por los árboles y se midieron las características agronómicas de éstos (perímetro de tronco, carga frutal e índice de área foliar). Para evaluar las características de los frutos (peso promedio, tamaño, índice de madurez, relación pulpa/carozo, contenido de humedad y contenido de aceite), se realizaron seis muestreos, cada 15 días, que finalizaron el día en que se realizó la cosecha de las aceitunas. La extracción del aceite se realizó al día siguiente y se mantuvieron constantes las condiciones de temperatura (28°C) y el tiempo de batido (40 minutos), para los dos estados de vigor y sus repeticiones. Se realizaron análisis químicos (rendimiento industrial, acidez libre, índice de peróxidos, coeficiente de extinción UV, polifenoles totales, índice de amargor y composición de ácidos grasos) y sensoriales al aceite obtenido de cada tratamiento. El análisis estadístico mostró diferencias significativas en todas las características medidas a los árboles, sólo en algunos parámetros medidos en los frutos (peso promedio, índice de madurez y tamaño) y no presentaron diferencias significativas las características químicas y sensoriales del aceite.

Palabras claves: aceite de oliva, Arbequina, vigor de los olivos, NDVI.

SUMMARY

In an olive (*Olea europea*. L) Arbequina variety orchard the effect of two states of vigor was studied over the characteristics of the trees, fruits and oil obtained by those. To determine the vigor of the orchard, a digital photograph was taken and from this image was calculated the NDVI (Normalized difference vegetation index) and a map of the state of vigor of the orchard was obtained. With this information, trees were marked with two treatments (T1: High vigor trees and T2: Low vigor trees), with four repetitions each one. Soil and foliar analysis were carried out to determine the nutrients (nitrogen, phosphorus and potassium) available and used by the trees and the olives characteristics were measured (trunk perimeter, loads fruit tree and foliar area index). To evaluate the characteristics of the fruits (average weight, size, mature index, relation pulp/cob, humidity content and oil content) six samples were made, each fifteen days that finished the day of the olives harvest. The oil extraction was made the next day and temperature and malaxation conditions were kept equal (28°C) and (40 minutes) for each treatment and its repetitions. Chemical (industrial yield, free acidity, peroxide index, coefficient of extinction UV, polyphenols total, index of bitterness and fatty acid composition) and sensory analysis were made to the oil obtained by this treatment. The statistics analysis showed significant differences in all the measured characteristics the trees, only in some parameters measured in the fruits and the chemical and sensorial characteristics of the oil did not present significant differences.

Key words: vigor of olive trees, Arbequina, olive oil, NDVI

ESTUDIO EXPLORATORIO DE LA DETERMINACIÓN DE VIGOR EN OLIVOS DE LA VARIEDAD ARBEQUINA Y SU INFLUENCIA EN LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS ACEITUNAS Y DEL ACEITE.

EXPLORATORY STUDY OF VIGOR DETERMINATION IN OLIVE TREES VARIETY ARBEQUINA AND THE INFLUENCE ON OLIVES AND OIL CHARACTERISTICS.

KATHERINE ALEJANDRA RAMÍREZ ORELLANA

INTRODUCCIÓN

El olivo (*Olea europea* L.) es un árbol muy longevo (puede permanecer vivo y productivo durante cientos de años) (Rapoport, 2001). Se desarrolla en zonas de clima mediterráneo, que se caracteriza por presentar veranos cálidos y prácticamente secos e inviernos con temperaturas suaves (ASOLIVA, 2007).

Durante el reposo vegetativo los olivos pueden resistir temperaturas de -5°C a -7°C y pueden sufrir graves daños, según la variedad, a -10°C . Cuando el árbol se encuentra activo, temperaturas ligeramente inferiores a 0°C pueden ocasionar daños en brotes, provocando la muerte de yemas y hojas recién formadas (INIA y CORFO, 2001; Anónimo, 2006).

En el hemisferio sur florece desde fines de octubre hasta principios de noviembre (FIA, 2004). La temperatura umbral de floración se ha establecido en $12,5^{\circ}\text{C}$. A temperaturas inferiores las yemas florales acumularían frío para salir del reposo vegetativo y a temperaturas mayores acumularían calor para florecer (INIA y CORFO, 2001). La acumulación de frío no influye en el vigor de los olivos, se ha observado que en zonas tropicales los árboles se desarrollan vigorosos, pero no dan frutos (Ibar, 1998).

Después de la pausa de los meses fríos, ocurre el despertar vegetativo del árbol, por lo tanto en este periodo es fundamental realizar las labores culturales necesarias (poda, fertilización, etc.) para obtener el vigor adecuado que sustente una buena producción. El vigor hace referencia tanto al tamaño del árbol, como a la capacidad intrínseca de las ramas para crecer en longitud y grosor. Un árbol con mayor vigor presenta un diámetro de tronco, largo de brotes, número de hojas y superficie foliar mayores, por lo tanto, tendría un mayor porcentaje de fotosíntesis y por consiguiente mayor cantidad de asimilados que después de procesos y reacciones químicas se transformarían en aceite (Rallo y Cuevas, 2001).

El olivo es una especie que tiene tendencia al añerismo, lo que se acentúa cuando se realizan cosechas tardías, cuando los árboles tienen exceso de vigor en verano y cuando el crecimiento de las ramillas es bajo o nulo (FIA, 2004).

El nivel productivo de los olivos se ve muy afectado cuando está sometido a estrés hídrico, ya que del aporte hídrico dependen, la calidad de las flores, la cuaja, la carga frutal y el tamaño de los frutos. (Ibar, 1998). Un olivar adulto requiere aproximadamente de 700 a 1000 mm de agua al año (INIA y CORFO, 2001). Por otra parte, el olivo es una especie muy sensible a la asfixia radicular, por esta razón se establece bien en suelos de textura media (franca, franca arenosa y franca arcillosa), con buena permeabilidad y aireación, además requiere suelos con profundidad de 0,8 a 1,2 m. La presencia de altos contenidos de boro y cloruros en el suelo puede afectar negativamente el desarrollo del árbol (Gallo, 2006).

Chile es un país con buenas condiciones de clima y suelo para el cultivo del olivo y la elaboración de aceite, a estos factores debe sumarse el aislamiento geográfico, factor favorable que minimiza el ataque de plagas y enfermedades. Variedades españolas e italianas se han adaptado muy bien al suelo de los valles y zonas agrícolas desde la I a la IX región del país (Chile Oliva, 2006; Iglesias, 2004). Según estimaciones de ODEPA (2007) la superficie de olivos en la temporada 2006 – 2007 alcanzaría las 8.600 has (más del doble de las existentes en el año 1990). Las plantaciones de olivos se concentran principalmente en la III y IV región del país. Los aceites obtenidos presentan alto contenido de ácido oleico, adecuados tenores de polifenoles, acidez libre e índice de peróxidos normalmente bajos (Casté, 2005).

Los árboles de la variedad Arbequina son pequeños, de poco vigor, precoces y productivos. Es interesante que sea un árbol de poco vigor para el manejo de éste en diseños de plantaciones intensivas (Tous *et al.*, 1997). Es una especie autocompatible, pero existen experiencias realizadas con Arbequina, que al ser acompañado por polinizantes la producción se incrementa. Se adapta bien a la formación en eje y presenta un buen ángulo de inserción de ramas laterales, ramificando bien. Esta variedad permite la cosecha mecanizada gracias al porte y la estructura del árbol (FIA, 2004), pero el pequeño tamaño de sus frutos la dificulta. Es resistente al frío, susceptible a la clorosis férrica en suelos calizos, posee cierta tolerancia al repilo y a la verticilosis (Barranco, 2001). En Chile, la variedad Arbequina se ha adaptado bien al cultivo en bloques de alta densidad. Florece a principios de noviembre y la cosecha se efectúa a fines de abril o principios de mayo (FIA, 2004).

La industria olivícola chilena se ha desarrollado de manera creciente. El año 2005 la producción de aceite bordeó los 1,8 millones de litros y las exportaciones fueron cercanas al millón de dólares, estas son cifras bajas si se comparan con otros sectores agrícolas, pero sorprende su ritmo de crecimiento (Anónimo, 2005). Dada la proyección que presenta el mercado del aceite de oliva, el estudio y la aplicación de tecnologías nuevas son necesarios para alcanzar la máxima producción y los mayores beneficios económicos.

El rendimiento y la calidad de las aceitunas, estarían determinados por factores propios del lugar, como clima, topografía, suelo, etc. y por factores extrínsecos como el manejo agronómico (riego, fertilización, etc.), pero en la mayoría de los huertos el manejo agronómico es uniforme y no considera la variabilidad de estos factores. Además, los muestreos al azar presentan grandes errores, sobretodo cuando se recolectan las muestras en los lugares más convenientes para el recolector y no en el más representativo. Esto lleva muchas veces a sub o sobreestimar los parámetros de rendimiento y calidad de las aceitunas (Esser *et al.*, 2002).

En este contexto la agricultura de precisión (AP) se presentaría como una herramienta adecuada para resolver estos inconvenientes. La AP consiste en el uso de tecnologías de información que incluyen sistemas de posicionamiento global (GPS), sistemas de información geográfica (SIG) y sensores que permiten la toma de decisiones económicas y ambientales adecuadas para la producción de cultivos y tiende hacia el diseño y aplicación de manejos diferenciados o sitio específicos que consideran la variabilidad existente y las necesidades particulares de cada zona del huerto. Entre los objetivos que busca la AP se encuentran el aumento de la producción y calidad, la disminución de los costos y del impacto ambiental y el uso más eficiente de los insumos (Esser *et al.*, 2002; Ortega, 2001).

Dentro de las tecnologías de la AP se encuentra la Percepción Remota (PR) o Teledetección, esta técnica permite obtener información sobre un objeto (natural o artificial), superficie o fenómeno, a través del análisis de datos recolectados por sensores (pueden ser cámaras fotográficas, escáners o sistemas de radar que se encuentran montados a una cierta distancia del suelo, en torres, aviones o satélites) que no están en contacto físico con ellos. (Von Martini *et al.*, 2004).

La PR se basa en la medición de energía electromagnética reflejada y emitida por los objetos investigados. Para aplicaciones agronómicas las fracciones del espectro electromagnético de interés son las que van desde el ultravioleta (UV) al infrarrojo (IR) (Esser y Ortega, 2003). Ejemplos de las aplicaciones de la PR serían las siguientes: detección de plagas, enfermedades y malezas, caracterización de suelos, cuantificación del vigor de las plantas, identificación de áreas forestadas- deforestadas, evaluación de riesgos de incendio, entre otras (Esser *et al.*, 2002). Otro ejemplo de las aplicaciones de la PR es la utilización de imágenes multiespectrales, obtenidas a partir de fotografía aérea digital, desde un avión usando sistemas electro ópticos (González, 2005). Estas imágenes utilizan la interacción entre la radiación electromagnética y la superficie de las plantas en los espectros visible e infrarrojo (Flores, 2002).

Los datos e imágenes entregados por la PR deben ser procesados para que el agricultor pueda interpretarlos en terreno. Una de las formas para interpretar estas imágenes es utilizando índices de vegetación. El NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada) es uno de ellos (González, 2005). Este índice considera la cantidad de energía del espectro rojo que es absorbida por la clorofila y la cantidad de energía del infrarrojo cercano que es reflejada por la estructura celular de las hojas (Esser y Ortega, 2003). Permite conocer la salud y vigor de los árboles y a partir de él, se pueden elaborar

mapas de variabilidad de vigor de las plantas, que pueden ser relacionados con la calidad de la fruta. Estos mapas permiten realizar muestreos dirigidos y bloques de cosecha diferenciados y además permiten efectuar una detección temprana y un manejo anticipado de potenciales problemas, antes que se vuelvan irreversibles (Von Martini *et al.*, 2004).

El NDVI se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{NDVI} = (\text{IRC} - \text{R}) / (\text{IRC} + \text{R})$$

Donde IRC: Reflectancia en la banda del Infrarrojo cercano.

R: Reflectancia en la banda del Rojo.

El cálculo de esta relación entrega valores que oscilan entre -1 y +1. La vegetación densa y sana refleja altos valores (cerca a la unidad), las zonas de vegetación pobre y dispersa o sin vegetación arrojan resultados más bajos, mientras que en suelo desnudo, hielo o nieve los resultados se acercan a cero (Anónimo, 2007).

El NDVI ha sido utilizado en diversas aplicaciones y en una gran variedad de cultivos. Por ejemplo, se ha empleado en el seguimiento del comportamiento de la filoxera en viñedos, en aplicaciones de nitrógeno en maíz, detección de plagas, enfermedades y malezas, identificación de sectores de cosecha diferenciada según la madurez de la fruta, aplicación de agroquímicos, riegos, entre muchos otros (Best, 2004; Von Martini *et al.*, 2004).

Como hipótesis de este trabajo se plantea que diferencias en el vigor de los árboles afectarían las características de los olivos y de las aceitunas y alterarían la calidad de su aceite.

Los objetivos de este estudio fueron los siguientes:

- Determinar las características agronómicas de los olivos y relacionarlos con el vigor obtenido a partir del NDVI.
- Determinar si dos estados de vigor afectan las características de las aceitunas y las características químicas y sensoriales del aceite proveniente de olivos de la variedad Arbequina.

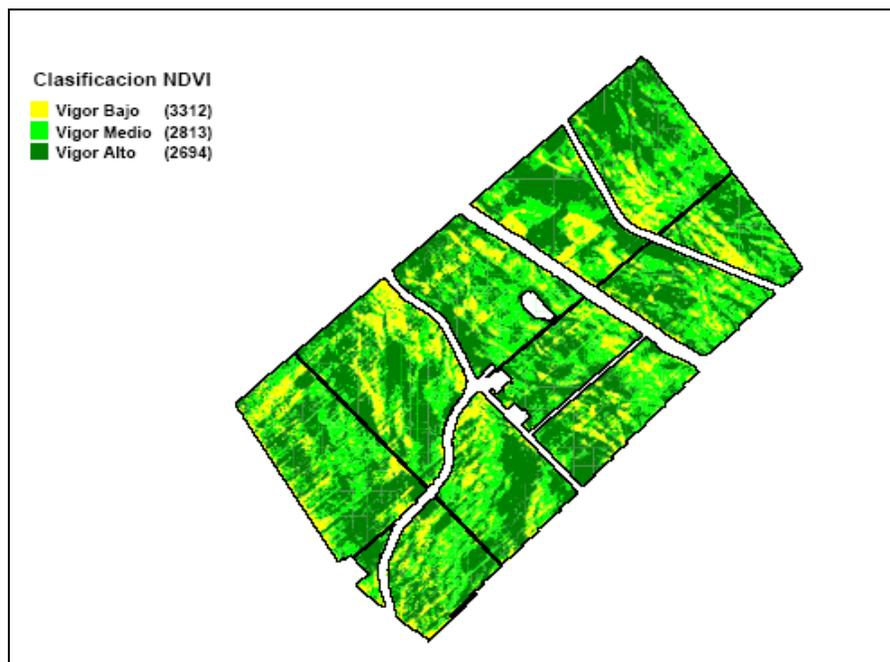
MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar del estudio:

La investigación se realizó en el Fundo el Oliveto, perteneciente a Agrícola Valle Grande, ubicado en el sector de Cholqui, comuna de Melipilla, Región Metropolitana de Chile y en los laboratorios del Departamento de Agroindustria y Enología de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

Materiales:

El estudio se realizó utilizando una fotografía aérea multiespectral de un huerto de olivos de 12 ha de la variedad Arbequina, plantado el año 1999. A partir de la fotografía se elaboró un mapa de la variabilidad de vigor del huerto (Figura 1) y con estos datos se procedió a marcar los olivos en terreno (Figura 2). Además se utilizaron las aceitunas, cosechadas en forma manual, de los árboles marcados y el aceite obtenido de éstas. Para la extracción del aceite extra virgen monovarietal se utilizó un equipo marca Oliomio modelo “mini” con capacidad de 30 kg/h, para el análisis del aceite se utilizó un cromatógrafo Hewlett 5890, Packard Series II, con el que se determinó la composición de ácidos grasos, también se utilizó un espectrofotómetro marca Unicam, modelo Helios gamma 2000, con el que se midió el coeficiente de extinción ultravioleta y el índice de amargor. Estos equipos pertenecen al Departamento de Agroindustria y Enología de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.



(Fotografía aérea multiespectral tomada y analizada por la empresa Agroprecisión S.A)

Figura 1. Mapa de variabilidad de vigor del huerto El Oliveto, sector de Cholqui (há)

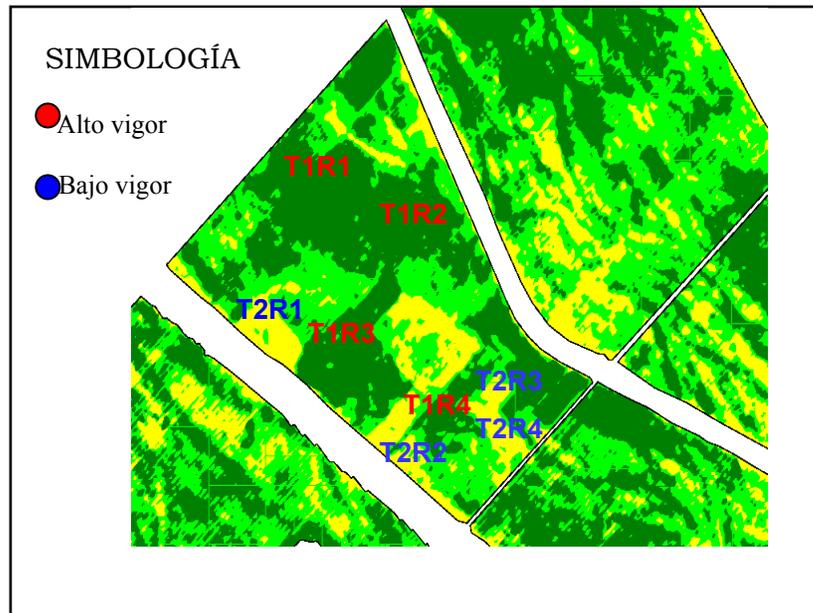


Figura 2. Detalle de la zona en estudio con la marcación de los 2 tratamientos y sus 4 repeticiones. (T1: árboles de alto vigor; T2: árboles de bajo vigor)

Metodología:

- Tratamientos y Diseño de experimentos

Para la realización de cada ensayo se utilizó un diseño al azar con dos tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos corresponden al estado de vigor de los olivos según la información obtenida a partir de la fotografía:

- T1: Árboles de alto vigor (Figura 3).
- T2: Árboles de bajo vigor (Figura 4).



Figura 3. Árbol de alto vigor variedad Arbequina, Fundo El Oliveto.



Figura 4. Árbol de bajo vigor variedad Arbequina, Fundo El Oliveto.

La unidad experimental correspondió al aceite obtenido de la extracción de 30 kg de aceitunas.

- Procedimiento

En el mes de marzo del año 2006 la empresa Agroprecisión S.A tomó una imagen aérea multispectral que analizó con el software Proviewer 6.0 y obtuvo un NDVI para cada sector de vigor del huerto en estudio (Figura 1). Esta fotografía se tomó para determinar las diferencias de vigor existentes entre los árboles. La Figura 1 representa el mapa de variabilidad de vigor del huerto, en ella se pueden apreciar 3 estados de vigor (alto, medio y bajo) representados por distintos colores (verde, verde claro y amarillo). Para los objetivos de este estudio se utilizaron únicamente dos estados de vigor (alto y bajo). A partir de esta información, se procedió a marcar los árboles en terreno: 3 árboles por repetición para alto y bajo vigor respectivamente (Figura 2).

Para determinar el contenido de macronutrientes (N, P, K) presentes en el suelo de las zonas de alto y bajo vigor, la empresa dueña del huerto en estudio (Agrícola Valle Grande) tomó muestras representativas de suelo y las envió a un laboratorio para ser analizadas. Para la toma de muestras se hicieron calicatas de 50 cm de profundidad, de cada zona de vigor fueron extraídas submuestras de suelo que posteriormente fueron mezcladas, obteniéndose una muestra compuesta para cada sector. Las muestras, de aproximadamente 1 kg de peso, fueron guardadas en bolsas plásticas limpias y posteriormente enviadas al laboratorio para su análisis. Además, se realizó un análisis foliar para determinar el estado nutricional de los olivos (contenido de N, P, K presente en las hojas). Las muestras fueron tomadas el mes de enero del año 2007, se recolectaron 100 hojas del tercio medio de la ramilla del año de distintos árboles en cada zona de vigor. Las hojas fueron guardadas en bolsas limpias y enviadas al laboratorio para ser analizadas.

Para la caracterización de los frutos se tomaron muestras de aceitunas cada 15 días. El muestreo se realizó a partir del 31 de marzo y finalizó el 13 de junio, día en que se realizó

la cosecha, en forma manual. El transporte de las aceitunas desde el huerto a la Facultad de Ciencias Agronómicas se realizó en cajas cosecheras perforadas de 15 kg de capacidad.

La elaboración del aceite se realizó al día siguiente del transporte. El proceso contó con las siguientes etapas: eliminación de hojas y elementos extraños, lavado de las aceitunas, molienda en un molino de martillos, batido a 28° C por 40 minutos (estas condiciones se mantuvieron constantes para cada estado de vigor). La extracción del aceite se realizó en un decanter de dos fases, sin utilización de agua. El aceite obtenido se recibió en un envase de 5 litros donde se dejó decantar hasta el día siguiente y luego se filtró y envasó en botellas de vidrio opaco de medio litro.

Durante el período de análisis de los aceites obtenidos, éstos se mantuvieron en condiciones de refrigeración (5- 7° C).

Variables determinadas

Análisis de suelo N, P, K: se determinó nitrógeno, fósforo y potasio (Sadzawka *et al.*, 2000).

Análisis foliar: se determinó nitrógeno, fósforo y potasio (Sadzawka *et al.*, 2000).

Análisis a los árboles:

- Perímetro de tronco: se midió a una altura de 25 cm, desde el suelo, el perímetro de cada árbol marcado.

- Carga frutal: se calculó al finalizar el estudio, sumando el peso de la fruta total cosechada en cada árbol.

- Índice de área foliar: se tomó una fotografía digital del follaje de los olivos con el equipo “Digital Plant Canopy Imagen”, que posee una cámara digital autobalanceada de tipo gran angular con un rango de acción de 180°. Esta fotografía fue analizada con el software CI-110.

Análisis a los frutos: (Se realizó cada 15 días, entre el 31 de marzo y el 13 de junio)

- Peso promedio del fruto: se pesaron 100 frutos utilizando una balanza analítica de 0,1 gramos de sensibilidad.

- Tamaño del fruto: se midió el diámetro ecuatorial y la longitud de los frutos con un pie de metro en una muestra de 25 frutos.
- Índice de madurez: se utilizó el índice de Ferreira, en una muestra de 100 frutos se separaron las aceitunas según su color en diferentes categorías y luego se determinó el índice de madurez con el uso de una fórmula (Hermoso *et al.*, 2001) (Anexo 1).
- Relación pulpa carozo: en 100 gramos de aceituna se separó la pulpa del carozo en forma manual y luego se pesaron ambas fracciones en una balanza analítica de 0,1 gramos de sensibilidad. La relación pulpa carozo corresponde a: gramos pulpa/ gramos carozo.
- Contenido de humedad: se determinó en la pulpa de los frutos. La pulpa fue secada en estufa (70°C) a presión atmosférica hasta llegar a un peso constante (Sepúlveda, 1998).
- Contenido de aceite: se tomaron muestras de 100 g de frutos por repetición y se determinó el contenido de aceite mediante extracción en el equipo soxhlet (Frías *et al.*, 2001).

Análisis al aceite:

- Rendimiento industrial del aceite: Se determinó por peso, relacionando los kg de aceituna que entran al equipo de elaboración con los kg de aceite que se obtuvieron a la salida de éste. Se expresó en porcentaje.
- Acidez libre (grado de acidez): se determinó por titulación colorimétrica. Se expresó como % de ácido oleico (Frías *et al.*, 2001).
- Índice de peróxidos: se determinó por iodometría expresándose el resultado en miliequivalentes de oxígeno activo por kg de grasa (Frías *et al.*, 2001).
- Coefficiente de extinción al ultravioleta (K_{270} , K_{232} y ΔK): se midió en un espectrofotómetro UV/VIS a longitud de onda de 232 y 270 nm, y se obtuvieron los valores para K_{232} , K_{270} y ΔK con los cuales se estimó el grado oxidativo del aceite (Frías *et al.*, 2001).
- Polifenoles totales: se determinaron por el método colorimétrico con el reactivo de Folin-calciu mediante espectrofotometría a 725 nm (Tsimidou, 1998).
- Índice de amargor (K_{225}): se midió en un espectrofotómetro ultravioleta a longitud de onda 225nm (Gutiérrez y Perdiguero, 1992).
- Composición de ácidos grasos: el contenido de los principales ácidos grasos presentes se determinó por cromatografía de gases (Frías *et al.*, 2001).

- Análisis sensorial: se realizó con una pauta estructurada, en la que se señaló la intensidad de percepción de descriptores del aceite de oliva, de 0 a 5, donde 0 corresponde a ausencia total y 5 es percepción extrema. Se midieron atributos positivos: frutado, amargo, picante y atributos negativos: avinado, atrojado, rancio, moho; más otros descriptores con el fin de tener mayor amplitud en la caracterización sensorial. En el análisis estadístico cada panelista se consideró como un bloque (Anexo 2).

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos de los análisis químicos se analizaron mediante la prueba de “t” de “Student”.

Para los resultados del análisis sensorial se utilizó el análisis de varianza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de suelo N, P, K

El análisis de suelo es una herramienta que permite conocer las limitaciones del suelo y determinar las necesidades nutritivas de los árboles durante su vida productiva. Es importante señalar que el contenido de nutrientes del suelo no siempre está relacionado con el de los olivos (por ejemplo, puede que el contenido de algún elemento en el suelo sea adecuado para el óptimo desarrollo del árbol, pero éste no lo puede asimilar porque existe una interacción con otro elemento que impide su absorción). Además este análisis es de gran utilidad para diagnosticar toxicidad causada por exceso de sales (Na, Cl, B) (Fernández- Escobar, 2001).

El Cuadro 1 muestra el contenido de N, P, K expresado en ppm presentes en el sector en que se realizó este ensayo. Los contenidos de N y K presentaron niveles bajos según los rangos adecuados para un huerto frutal (Anexo 3) y no se observó diferencias entre los tratamientos. En cambio, en el contenido de P se observaron diferencias; en el sector de los árboles de alto vigor el contenido fue regular y en el sector de menor vigor el contenido de este elemento fue bajo.

Cuadro 1. Análisis de suelo N, P, K (ppm), sector de Cholqui.

Tratamiento	Nitrógeno (N)	Fósforo (P)	Potasio (K)
T1	17 a	12 a	63 a
T2	17 a	6 b	51 a

T1: árboles de alto vigor; T2: árboles de bajo vigor. Letras distintas, verticalmente, para un mismo elemento, indican diferencias significativas al 5%

Análisis foliar

El análisis foliar es un buen método para diagnosticar el estado nutritivo de un olivar. Permite identificar desordenes nutricionales, bajos niveles de nutrientes, medir respuestas de programas a la fertilización y detecta toxicidades (Cl, B, Na), por lo tanto, es una herramienta que ayuda a determinar las necesidades nutritivas y optimizar la fertilización del huerto (Fernández- Escobar, 2001).

El Cuadro 2 muestra el porcentaje de N, P, K encontrado en las hojas de los árboles estudiados. El contenido de estos tres elementos se encuentra dentro de los rangos adecuados para un huerto de olivos (Anexo 4). No se encontraron diferencias significativas entre árboles de alto y bajo vigor.

Cuadro 2. Análisis foliar (Porcentajes de N, P, K), sector de Cholqui.

Tratamiento	Nitrógeno (N)	Fósforo (P)	Potasio (K)
T1	1,75 a	0,33 a	1,43 a
T2	1,60 a	0,32 a	1,20 a

T1: árboles de alto vigor; T2: árboles de bajo vigor. Letras distintas, verticalmente, para un mismo elemento, indican diferencias significativas al 5%

Pese a que los resultados obtenidos en el análisis de suelo mostraron bajos niveles de N, P, K, el análisis foliar entregó rangos adecuados para estos elementos, de lo anterior se podría interpretar que los olivos de alto y bajo vigor estarían asimilando bien los macronutrientes (N, P, K) disponibles en el suelo y no sería recomendable aumentar los niveles de fertilización de estos elementos en el huerto, porque se podría provocar una toxicidad o un desequilibrio de nutrientes que afectaría negativamente la producción de fruta y aumentaría innecesariamente los costos productivos.

Características de los árboles

Perímetro de Tronco

Los olivos caracterizados como árboles de bajo vigor presentaron un perímetro de tronco significativamente menor que los árboles de alto vigor (Cuadro 3). El valor promedio de los árboles de alto vigor fue de 26,75 cm y para los de bajo vigor fue de 13,92 cm.

Los árboles de alto vigor presentaron un perímetro 50% mayor que los de bajo vigor, por lo anterior se podría decir que medir el perímetro de tronco, sirve para complementar los resultados obtenidos a partir del mapa de variabilidad de vigor del huerto en estudio.

Carga Frutal

La carga frutal en olivos es un parámetro que se debe considerar cuando se estudian características, tanto del árbol, de los frutos (relación pulpa/carozo, peso promedio, índice de madurez, tamaño) y de las características de su aceite, porque influye en forma considerable en la mayoría de ellos.

El Cuadro 3 muestra las diferencias existentes en la carga frutal de los olivos de cada tratamiento. El promedio obtenido es 11 kg para árboles de alto vigor y 5 kg para árboles de bajo vigor.

Los valores obtenidos en este trabajo son significativamente diferentes entre ambos tratamientos, por lo que se podría decir que el vigor de los olivos tiene un efecto considerable sobre la carga frutal de los árboles estudiados en este ensayo.

Cuadro 3. Características agronómicas de los olivos de la variedad Arbequina.

Tratamiento	Perímetro (cm)	Carga frutal (kg)	IAF
T1	26,75 a	11 a	1,98 a
T2	13,95 b	5 b	1,58 b

T1: árboles de alto vigor; T2: árboles de bajo vigor. Letras distintas, verticalmente, para una misma característica, indican diferencias significativas al 5%

Índice de Área Foliar

El Índice de Área Foliar (IAF) promedio en olivos alcanza un valor medio de 2,5 (valor bajo comparado con otros frutales como los cítricos que alcanzan valores de 10) (Rallo y Cuevas, 2001). Los valores obtenidos de los olivos en estudio se encuentran bajo este promedio (Cuadro 3).

Los árboles de alto vigor presentaron un IAF significativamente mayor, con un promedio de 1,98 y los árboles de vigor bajo presentan un promedio de 1,58, por esta razón se podría decir que el vigor influye en el IAF de los olivos estudiados.

Características de los frutos

Peso promedio

El peso promedio de los frutos no mostró diferencias significativas entre los tratamientos para las dos primeras fechas de muestreo, correspondientes al 31 de marzo y al 13 de abril. En las fechas siguientes y hasta la cosecha (13 de junio) el peso de las aceitunas mostró diferencias significativas (Figura 5), presentando los frutos provenientes de olivos de bajo vigor un peso significativamente mayor que los de alto vigor.

Estas diferencias de peso podrían estar relacionadas directamente con la carga frutal de los árboles, ya que existe una relación negativa entre carga frutal y peso de los frutos (Rallo y Cuevas, 2001), en el Cuadro 3 se puede observar que los árboles de alto vigor presentaron una carga frutal mayor que los de bajo vigor.

Diversos autores españoles señalan que el peso promedio de las aceitunas de la variedad Arbequina fluctúa entre 1,5 a 1,9 g (Tous *et al.*, 1997; ASOLIVA, 2007; RAEA, 2005). Dichos valores son menores a los obtenidos en este estudio, que registró un peso promedio de los frutos, al momento de la cosecha, de 2,34 g para las aceitunas provenientes de árboles de alto vigor y 2,69 g para las de bajo vigor. Valores un poco más cercanos a los de

este trabajo se encontraron en un ensayo realizado en Chile por Laborda (2004) que entregó un peso promedio de 2,05 en aceitunas de la variedad Arbequina. Otro estudio realizado en Chile con la misma variedad procedentes de Copiapó registró un peso promedio de 1,5 g⁽¹⁾.

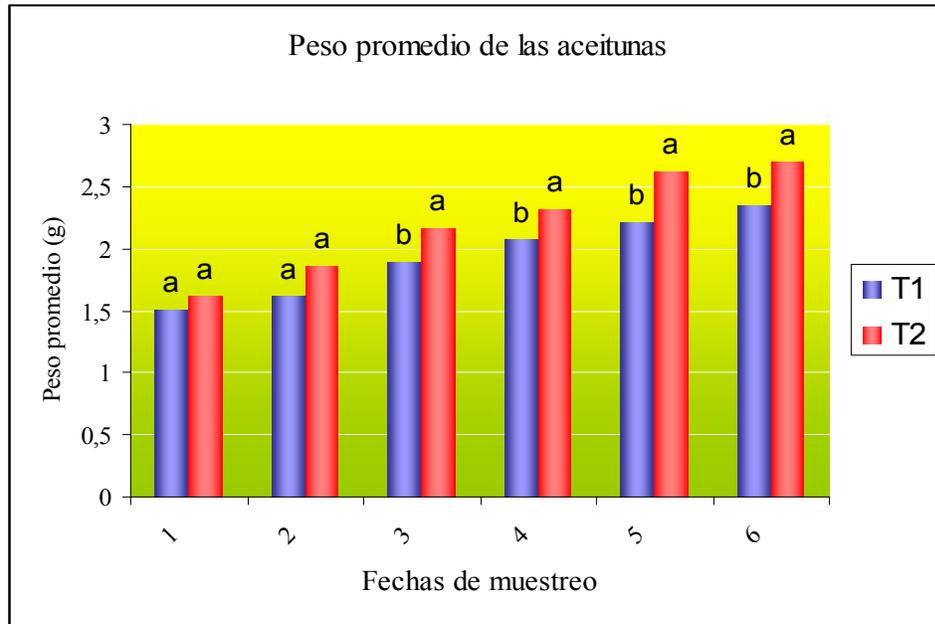


Figura 5. Peso promedio (g) de las aceitunas variedad Arbequina. (T1: árboles de alto vigor; T2: árboles de bajo vigor. Barras con distintas letras indican diferencias significativas al 5%)

Tamaño de los frutos

- Longitud y Diámetro ecuatorial

Los Cuadros 4 y 5 muestran que las aceitunas provenientes de los árboles de menor vigor presentaron una longitud y diámetro ecuatorial mayores que las provenientes de los árboles de vigor alto. El análisis estadístico entregó diferencias significativas entre ambos tratamientos durante todas las fechas en que se realizaron los muestreos.

Las diferencias existentes entre ambos tratamientos pueden estar determinadas principalmente por la carga frutal de los árboles, ya que existe una relación negativa entre el peso y tamaño de los frutos, y el número de frutos por árbol. Los árboles de bajo vigor al tener una menor carga frutal (Cuadro 3), presentan una menor competencia por asimilados entre los frutos y por lo tanto, un mayor tamaño y peso de éstos (Rallo y Cuevas, 2001).

(1) Maria de la Luz Hurtado P. Ing. Agrónomo, M. S. Directora del diplomado de aceite de oliva. Facultad de Agronomía. Universidad de Chile. Comunicación personal.

En un estudio realizado por Laborda (2004) con aceitunas de la variedad Arbequina, se obtuvo una longitud promedio de 1,32 cm y un diámetro ecuatorial promedio de 1,25 cm, valores más bajos a los obtenidos en este ensayo, que registró al momento de la cosecha, una longitud promedio para los frutos provenientes de árboles de alto y bajo vigor de 1,76 cm y 1,82 cm respectivamente y un diámetro ecuatorial promedio de 1,64 cm 1,67 respectivamente.

Cuadro 4. Longitud (cm) de las aceitunas variedad Arbequina.

Tratamiento	31 marzo	13 abril	02 mayo	17 mayo	30 mayo	13 junio
T1	1,48 b	1,52 b	1,58 b	1,64 b	1,68 b	1,76 b
T2	1,49 a	1,53 a	1,66 a	1,70 a	1,76 a	1,82 a

T1: árboles de alto vigor; T2: árboles de bajo vigor. Letras distintas, verticalmente, para una misma fecha, indican diferencias significativas al 5%

Cuadro 5. Diámetro ecuatorial (cm) de las aceitunas variedad Arbequina.

Tratamiento	31 marzo	13 abril	02 mayo	17 mayo	30 mayo	13 junio
T1	1,36 b	1,40 b	1,46 b	1,52 b	1,58 b	1,63 b
T2	1,38 a	1,42 a	1,54 a	1,58 a	1,64 a	1,67 a

T1: árboles de alto vigor; T2: árboles de bajo vigor. Letras distintas, verticalmente, para una misma fecha, indican diferencias significativas al 5%

Índice de Madurez (IM)

Aunque los datos obtenidos en este estudio muestran, durante todo el periodo del ensayo, un índice de madurez (IM) levemente más alto para los frutos provenientes de árboles de menor vigor; el análisis estadístico sólo mostró diferencias significativas en la segunda y tercera fecha de muestreo, correspondientes al 13 de abril y al 2 de mayo (Cuadro 6).

Estas diferencias observadas podrían deberse a que el mayor nivel de carga frutal encontrado en los olivos de alto vigor (Cuadro 3) retrasa la maduración de las aceitunas y por lo tanto, el cambio en la pigmentación de los frutos provocado por la disminución de clorofila y la posterior acumulación de antocianinas ocurren más lentamente (Hermoso *et al.*, 2001). Las diferencias encontradas también podrían estar relacionadas con el IAF, ya que en olivos de bajo vigor se presentó un IAF menor (Cuadro 3) y por lo tanto los frutos de estos árboles estuvieron más expuestos al sol y alcanzaron primero el cambio de pigmentación con respecto a los frutos provenientes de árboles de alto vigor.

Un ensayo realizado por FIA (2004), con aceitunas de distintas variedades, señala que valores de IM que oscilan entre 2 a 2,5 son óptimos para la obtención de aceites de calidad, rangos parecidos se encontraron en estudios realizados con la variedad Arbequina en Argentina y España, donde este valor alcanzó un promedio de 2,8. (Martínez *et al.*, 2003; Tovar, 2001).

En este estudio el IM, al momento de la cosecha, para los frutos provenientes de árboles de alto vigor fue 2,82, este valor se encuentra dentro de los rangos promedios, pero el IM para frutos obtenidos de olivos de bajo vigor fue mayor, promediando 3,38.

Cuadro 6. Índice de madurez para aceitunas de la variedad Arbequina.

Tratamiento	31 marzo	13 abril	02 mayo	17 mayo	30 mayo	13 junio
T1	0,14 a	0,19 b	1,09 b	1,90 a	2,61 a	2,82 a
T2	0,38 a	1,08 a	1,85 a	2,36 a	3,13 a	3,38 a

T1: árboles de alto vigor; T2: árboles de bajo vigor. Letras distintas, verticalmente, para una misma fecha, indican diferencias significativas al 5%

Relación Pulpa Carozo

Las aceitunas provenientes de olivos de alto y bajo vigor no presentaron diferencias significativas para el parámetro relación pulpa/carozo, durante todas las fechas de muestreo realizadas en este ensayo. No haber encontrado diferencias entre los tratamientos, no significa que el tamaño del carozo sea igual en las aceitunas provenientes de árboles de alto y bajo vigor, porque los análisis realizados al peso promedio y tamaño de los frutos presentaron diferencias significativas (Figura 5 y Cuadros 4 y 5), por lo tanto los árboles de bajo vigor presentaron aceitunas con carozos más grandes.

La relación pulpa carozo para las aceitunas destinadas a la elaboración de aceite fluctúa entre 4 y 8 (Kiritsakis, 1992). Por otra parte, Arbequina se encuentra entre las variedades aceiteras más pequeñas y por lo tanto, esta relación fluctúa en valores cercanos a 4. En un estudio realizado en Chile con aceitunas de la misma variedad, provenientes de Copiapó, esta relación entregó un valor de 3,16 ⁽²⁾, cifra menor a la registrada en este ensayo (Cuadro 7), en cambio, diversos estudios realizados en España, con la variedad Arbequina, arrojaron valores de 4,43 a 4,6 (Barranco, 2001; Tous *et al.*, 2003; ASOLIVA, 2007), cifras más cercanas a las que se obtuvieron en este estudio al momento de la cosecha.

Cuadro 7. Relación pulpa carozo de las aceitunas variedad Arbequina.

Tratamiento	31 marzo	13 abril	02 mayo	17 mayo	30 mayo	13 junio
T1	2,47 a	2,74 a	3,31 a	3,46 a	3,52 a	3,92 a
T2	2,48 a	2,87 a	3,33 a	3,77 a	3,95 a	4,37 a

T1: árboles de alto vigor; T2: árboles de bajo vigor. Letras distintas, verticalmente, para una misma fecha, indican diferencias significativas al 5%

(2) Maria de la Luz Hurtado P. Ing. Agrónomo, M. S. Directora del diplomado de aceite de oliva. Facultad de Agronomía. Universidad de Chile. Comunicación personal.

Contenido de Humedad

El contenido de humedad es un parámetro que sufre variaciones importantes debido a las condiciones climáticas (precipitaciones), al manejo del huerto (riego) y al estado de madurez que presenta el fruto, pues al aumentar la madurez, la humedad disminuye (al disminuir la frecuencia de riego) y el contenido de aceite aumenta (Hermoso *et al.*, 2001).

En el Cuadro 8 se presentan los porcentajes de humedad calculados para ambos tratamientos, con respecto a este parámetro, las aceitunas en estudio no presentaron diferencias significativas en ninguna de las fechas de muestreo. Se observó además, para ambos tratamientos, una disminución en el porcentaje de humedad a medida que se acercaba el momento de la cosecha, sin embargo, en la última medición (13 de junio) se observó un leve aumento de ésta, que seguramente se debe a precipitaciones ocurridas durante esta fecha.

Los valores obtenidos en esta investigación son similares a los resultados conseguidos por Rodríguez *et al.* (2003) en un estudio realizado en Argentina con aceitunas de la variedad Arbequina, cuyo porcentaje de humedad fluctuó entre 58,3 y 69,6 %, cifras menores fueron encontradas por Tovar (2001) en una investigación realizada en España (50, 34% de humedad). En un estudio realizado en Chile con aceitunas de la misma variedad la humedad promedió 69, 8% ⁽³⁾.

Cuadro 8. Contenido de humedad (%) de las aceitunas variedad Arbequina.

Tratamiento	31 marzo	13 abril	02 mayo	17 mayo	30 mayo	13 junio
T1	67,20 a	63,65 a	63,31 a	62,88 a	62,70 a	64,18 a
T2	65,30 a	62,76 a	61,66 a	61,51 a	61,40 a	63,54 a

T1: árboles de alto vigor; T2: árboles de bajo vigor. Letras distintas, verticalmente, para una misma fecha, indican diferencias significativas al 5%

Contenido de Aceite

El contenido de aceite presente en las aceitunas es un parámetro muy importante para los productores de aceite de oliva, pues uno de los principales objetivos es cosechar aceitunas con el mayor porcentaje de aceite, para poder producir una mayor cantidad de litros por hectárea y obtener un mayor beneficio económico. El análisis estadístico no mostró diferencias significativas para este parámetro en los frutos provenientes de árboles de alto y bajo vigor. Estos resultados se pueden observar en los anexos 5 y 6 que representan el contenido de aceite en base a materia húmeda y seca respectivamente.

(3) Maria de la Luz Hurtado P. Ing. Agrónomo, M. S. Directora del diplomado de aceite de oliva. Facultad de Agronomía. Universidad de Chile. Comunicación personal.

La Figura 6 representa la curva de acumulación de aceite en base a materia seca, de los dos tratamientos durante todas las fechas en que se realizó el muestreo. Se puede observar que ambas curvas se encuentran muy cerca durante todo el muestreo y al momento de la cosecha tienden a volverse asintóticas.

Un rol importante juega también la época de recolección de las aceitunas, ya que a medida que avanza el proceso de madurez del fruto, la acumulación de aceite disminuye progresivamente, por este motivo cuando el aceite se encuentra totalmente formado (momento en que la mayoría de los frutos se encuentran en envero), es conveniente cosechar de inmediato, porque que el índice de madurez siga aumentando no significará que aumente el contenido de aceite (Hermoso *et al.*, 2001).

Martínez *et al.* (2003) y Rodríguez *et al.* (2003) señalan que el contenido de aceite (expresado en base a materia húmeda) de aceitunas de la variedad Arbequina es de aproximadamente 20% y en un estudio realizado en Jaén, España el porcentaje obtenido fue de 23,33% para la misma variedad (RAEA, 2005). En general, éstos resultados pueden compararse con los obtenidos en el presente estudio, aunque las aceitunas de este ensayo superaron estos porcentajes, alcanzando valores de 24,76% y 25,37% para alto y bajo vigor respectivamente, al momento de la cosecha (13 de junio).

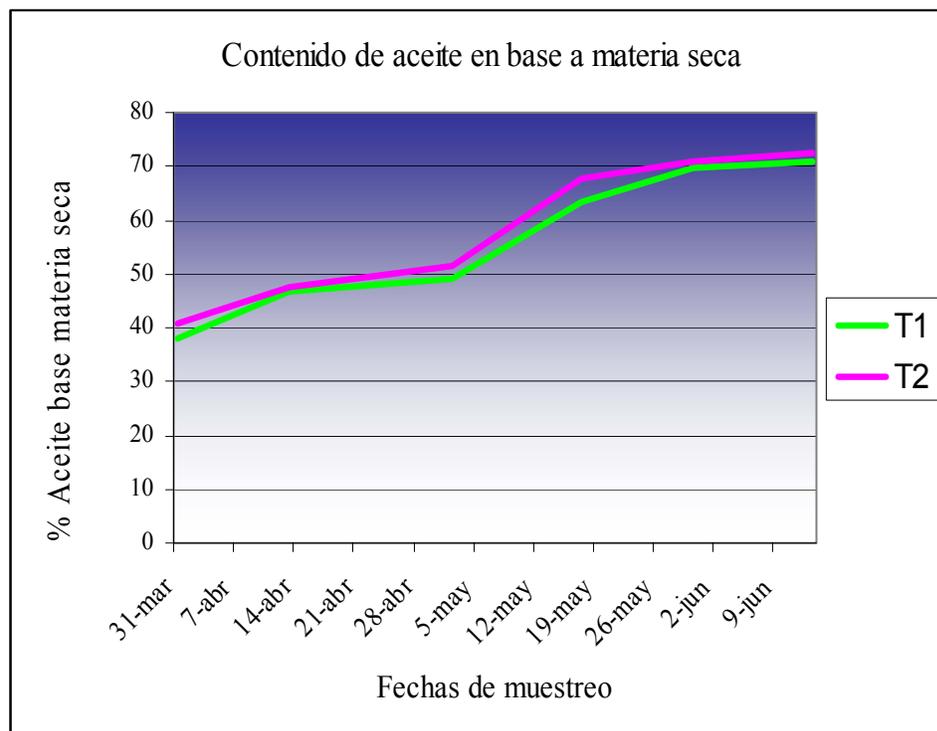


Figura 6. Curva de acumulación de aceite en base a materia seca, para aceitunas de la variedad Arbequina (%). (T1: árboles de alto vigor; T2: árboles de bajo vigor)

Características del aceite

Rendimiento industrial

Las aceitunas provenientes de árboles de alto y bajo vigor presentaron un rendimiento industrial promedio de 9,88% y 9,70% respectivamente. No se encontraron diferencias significativas entre los dos tratamientos. Para la producción de aceite de oliva a nivel comercial este parámetro es de fundamental importancia, pues se busca obtener la mayor cantidad de litros por hectárea.

Los rendimientos obtenidos en este estudio son bajos comparados con resultados publicados por FIA (2004) que entregó rendimientos de 14%. Valores similares se encontraron en ensayos realizados en Argentina que mostraron rendimientos que fluctuaron entre 11 y 15% (Informe Olivícola, 2005). Los bajos rendimientos obtenidos en este trabajo podrían deberse principalmente a que la extracción del aceite se realizó en un equipo piloto. Con este tipo de equipo no se buscan altos rendimientos, ya que no cuenta con centrifuga vertical, pero permite realizar extracciones de tipo industrial utilizando pequeños lotes de aceitunas.

En los cuadros 9 y 10 se presentan los resultados obtenidos para las características químicas de los aceites estudiados, en cuanto a acidez libre, índice de peróxidos, polifenoles totales, índice de amargor y coeficiente de extinción ultra violeta. Todos los valores obtenidos se encuentran dentro de los rangos establecidos por el COI (Consejo Oleícola Internacional) (anexo 7) que rigen la normativa de los aceites de oliva, por lo tanto los aceites de este ensayo pueden ser considerados como extra vírgenes.

Acidez Libre

El aceite estudiado presentó un bajo porcentaje de acidez libre (Cuadro 9), estos bajos índices pueden reflejar un adecuado manejo del huerto, una oportuna y cuidadosa recolección y transporte de las aceitunas y una inmediata elaboración del aceite, todos estos son factores fundamentales para la obtención de un aceite de calidad, ya que a partir de frutos dañados, atacados por insectos o almacenados durante mucho tiempo, se obtendrán aceites con una acidez alta y por consiguiente no podrán ser considerados en la categoría de extra virgen (Kiritsakis, 1992).

Con respecto a la comparación entre tratamientos, el análisis estadístico no entregó diferencias significativas para los aceites obtenidos de aceitunas provenientes de árboles de alto y bajo vigor. Ninguno de los 2 tratamientos superó el 0,2% de acidez (Cuadro 9). En general, estos valores coinciden con los obtenidos en estudios realizados en España donde la acidez de la variedad Arbequina alcanzó 0,1%, mientras que en Catamarca, Argentina este valor fue de 0,2% (Tovar, 2001; Matías *et al.*, 2003).

Cuadro 9. Acidez libre, Índice de peróxidos, Polifenoles totales e Índice de Amargor del aceite variedad Arbequina.

Tratamiento	Acidez libre (%)	IP (meq O ₂ /kg)	Polifenoles (ppm)	Índice de Amargor (K ₂₂₅)
T1	0,15 a	3,84 a	101,41 a	0,15 a
T2	0,15 a	3,89 a	143,08 a	0,16 a

T1: árboles de alto vigor; T2: árboles de bajo vigor. Letras distintas, verticalmente, para un mismo parámetro, indican diferencias significativas al 5%

Índice de Peróxidos (IP)

El Índice de Peróxidos (IP) estima el grado de oxidación primaria de los aceites, por lo tanto a niveles más bajos de IP mayor será la vida útil del aceite en condiciones de almacenamiento adecuado.

El aceite proveniente de aceitunas de árboles de alto y de bajo vigor, no mostró diferencias significativas para este parámetro. Como se puede apreciar en el Cuadro 9 el IP no sobrepasa los 4,0 meq O₂/kg. Estos bajos índices podrían reflejar que el aceite fue elaborado a partir de aceitunas sanas y que el proceso de extracción fue realizado en forma adecuada.

Los resultados de este trabajo indicaron un IP promedio de 3,84 meq O₂/kg para aceite obtenido de frutos provenientes de olivos de alto vigor y 3,89 meq O₂/kg para aceite obtenido de frutos provenientes de olivos de bajo vigor, estas cifras pueden compararse con los datos obtenidos en un estudio realizado en España por Pardo *et al.* (2005), en aceitunas de la variedad Arbequina, que registró un IP de 3,85 meq O₂/kg, valores similares encontró Matías *et al.* (2003) en Catamarca, Argentina donde este parámetro fluctuó entre 4 y 8 meq O₂/kg.

Polifenoles Totales

Comparada con otras variedades, Arbequina presenta un bajo contenido de polifenoles. En España por ejemplo, la variedad Picual presenta valores de 500 ppm (Uceda y Hermoso, 2001). Arbequina en cambio, presenta un contenido de polifenoles de 243 ppm. Estudios realizados en Argentina entregaron cifras más bajas, que fluctúan entre 92 a 218 ppm (Matías *et al.*, 2003, Boletín Oleícola, 2004). Estas últimas cifras coinciden con las obtenidas en este estudio (Cuadro 9). El contenido de polifenoles de los aceites obtenidos en este ensayo no presentó diferencias significativas entre los tratamientos.

Un bajo contenido de polifenoles en el aceite, podría verse influenciado por la época de recolección de las aceitunas, ya que el máximo contenido de polifenoles se encuentra cuando el fruto está en envero, y a medida que avanza la madurez estos comienzan a disminuir (Hermoso *et al.*, 2001).

La obtención de aceites con bajos contenidos de polifenoles es desfavorable, ya que la presencia de éstos aumenta la estabilidad del aceite frente a la oxidación y un mayor contenido implica una mejor calidad y mejores características organolépticas (relacionadas con el aroma y flavor de los aceites; amargo y picante) (Matías *et al.*, 2003).

Índice de Amargor

La variedad es un factor que influye en el amargor de los aceites, Picual por ejemplo, presenta aceites que se caracterizan por ser muy amargos, Arbequina en cambio, se caracteriza por sus aceites ligeramente amargos.

El amargor en el aceite de oliva está muy relacionado con el contenido de polifenoles y presenta un comportamiento muy similar a éstos. El análisis realizado a los polifenoles, como se señaló anteriormente, no presentó diferencias significativas. Lo mismo ocurrió con la determinación del índice de amargor, ya que no se encontraron diferencias significativas entre los aceites provenientes de aceitunas de árboles de alto y de bajo vigor (Cuadro 9).

Los resultados del análisis espectrofotométrico a 225 nm realizado al aceite en estudio concuerdan con los entregados en investigaciones realizadas en España por Uceda (2006), con la variedad Arbequina ($K_{225} = 0,16$), pero se alejan un poco de los obtenidos por la RAEA (2005), que registró un K_{225} de 0,23 para la misma variedad.

Es importante relacionar los resultados obtenidos espectrofotométricamente con los obtenidos del análisis sensorial (Figura 7), pues en ambos casos el nivel de amargor de los aceites estudiados fue bajo y no presentó diferencias significativas entre los tratamientos.

Coefficientes de extinción ultravioleta

Las pruebas espectrofotométricas estiman el estado oxidativo del aceite y su pureza (adulteración de aceites). El Cuadro 10 presenta los resultados obtenidos del análisis espectrofotométrico realizado a los aceites en estudio. No se presentaron diferencias significativas para los parámetros K_{270} y ΔK , pero si existieron diferencias en el parámetro K_{232} , registrando los aceites provenientes de aceitunas de árboles de bajo vigor valores significativamente más altos.

Estudios realizados en España por Fernández *et al.* (2003) y Pardo *et al.* (2005) con aceites de la variedad Arbequina entregaron valores de 0,16 y 0,12 para K_{270} y 1,60 y 1,66 para K_{232} respectivamente. Un ensayo realizado en Chile con aceitunas de la misma variedad entregó cifras de 0,12 para K_{270} y 1,6 para K_{232} ⁽⁴⁾.

(4) Maria de la Luz Hurtado P. Ing. Agrónomo, M. S. Directora del diplomado de aceite de oliva. Facultad de Agronomía. Universidad de Chile. Comunicación personal.

Los datos citados anteriormente para los parámetros K_{270} y K_{232} son mayores a los obtenidos en este ensayo (Cuadro 10).

Cuadro 10. Coeficientes de extinción ultra violeta (medidos a 232 y 270 nm) del aceite de la variedad Arbequina.

Tratamiento	K_{270}	K_{232}	ΔK
T1	0,07 a	1,48 b	-0,023 a
T2	0,09 a	1,53 a	-0,017 a

T1: árboles de alto vigor; T2: árboles de bajo vigor. Letras distintas, verticalmente, para un mismo parámetro, indican diferencias significativas al 5%

Composición de Ácidos Grasos

La variedad y el clima influyen en gran medida sobre la composición de ácidos grasos (AG) en el aceite de oliva.

La normativa del COI que rige a los aceites de oliva, establece la distribución de los AG (anexo 8) y los resultados obtenidos del análisis cromatográfico del aceite procedente del huerto en estudio (Cuadro 11) se encontraron dentro del rango de los aceites extra vírgenes.

El análisis estadístico no mostró diferencias significativas en el porcentaje de los distintos ácidos grasos de los aceites estudiados en este ensayo, salvo para el ácido linoléico, esto se puede observar en el Cuadro 11.

Desde el punto de vista nutricional es deseable un alto porcentaje de ácido oleico, por sus efectos positivos en la salud (disminución del colesterol total, menor incidencia de enfermedades cardiovasculares, entre muchos otros beneficios) (Uceda y Hermoso, 2001). El aceite obtenido en este estudio reflejó altos contenidos de este AG. En cambio, olivos de la variedad Arbequina plantados en Catamarca, Argentina presentaron un porcentaje de ácido oleico más bajo (56,48%) (Matías *et al.*, 2003).

Los porcentajes de AG de los aceites en estudio concuerdan con los obtenidos en trabajos realizados en España, con la variedad Arbequina, por Hamman *et al* (2003) y Uceda (2006). Los resultados obtenidos por estos autores son los siguientes: **C16:0** (14,8 y 15,4); **C16:1** (1,4 y 1,9); **C18:0** (1,9 y 1,6); **C18:1** (70 y 65,83); **C18:2** (10,1 y 13,06); **C18:3** (0,58 y 0,8). Como se puede apreciar, solamente los porcentajes de ácido linoléico y ácido linolénico difieren levemente, encontrándose porcentajes más bajos en los aceites del sector estudiado. Un ensayo de AG en aceites de la misma variedad realizado en Chile por Laborda (2004) muestra los siguientes resultados: **C16:0**=15,85; **C16:1**=1,17; **C18:0**=2,5; **C18:1**=65,71; **C18:2**=10,09. Se puede observar que los aceites de este ensayo presentaron un porcentaje de ácido oleico mayor a los del estudio realizado por Laborda.

Cuadro 11. Composición de los ácidos grasos (%) del aceite variedad Arbequina.

Trat.	Palmítico (C16:0)	Palmitoléico (C16:1)	Margárico (C17:0)	Esteárico (C18:0)	Oleico (C18:1)	Linoléico (C18:2)	Linolénico (C18:3)
T1	17,82 a	1,44 a	0,24 a	1,04 a	73,27 a	5,98 b	0,21 a
T2	18,44 a	1,68 a	0,23 a	0,96 a	71,12 a	7,35 a	0,22 a

T1: árboles de alto vigor; T2: árboles de bajo vigor. Letras distintas, verticalmente, para un mismo ácido graso, indican diferencias significativas al 5%

Análisis Sensorial

Un criterio básico para categorizar la calidad del aceite de oliva es a través de sus características sensoriales (además de las químicas), cada variedad de aceituna presenta su propia personalidad sensorial que la hace única, y se verá muy influenciada por las características edafoclimáticas del sector donde se desarrolle (Uceda y Hermoso, 2001).

Para evaluar sensorialmente el aroma y sabor de los aceites de oliva extra vírgenes se utiliza el reglamento establecido por el COI, que señala que el aceite de oliva presenta atributos positivos (frutado, amargo, picante) y descriptores (almendra, manzana, tomate, hierba, entre otros). Los atributos positivos y descriptores encontrados en el aceite estudiado se pueden observar en la Figura 7.

El análisis de varianza (ANDEVA) realizado en este trabajo no mostró diferencias significativas entre los tratamientos para ninguno de los atributos positivos encontrados en el aceite de la variedad Arbequina.

El COI, además señala que en el aceite de oliva pueden encontrarse atributos negativos o defectos (rancio, atrojado, moho, avinado, entre otros), en el análisis sensorial que se realizó en los aceites de este estudio no se encontró defectos en ninguno de los tratamientos.

Los aceites de la variedad Arbequina son frutados, ligeramente verdes y medianamente amargos, picantes y dulces. Por lo tanto, son aceites con atributos muy equilibrados, con sabores más verdes (hoja), amargos y picantes al principio de la cosecha y más dulces al final (por este motivo, las características sensoriales se verán muy influenciadas por el estado de madurez de las aceitunas). Por las características mencionadas anteriormente los aceites de esta variedad ayudan a equilibrar otros aceites que presentan características muy marcadas, como amargor, picante, etc. Esta variedad tiene muy buena aceptación en mercados nuevos, sin cultura de aceite de oliva, porque es un aceite muy suave (FIA, 2004). Otros atributos presentes en el aceite de la variedad Arbequina son el aroma y sabor almendrado (almendra verde) y a manzana verde (ASOLIVA, 2007).

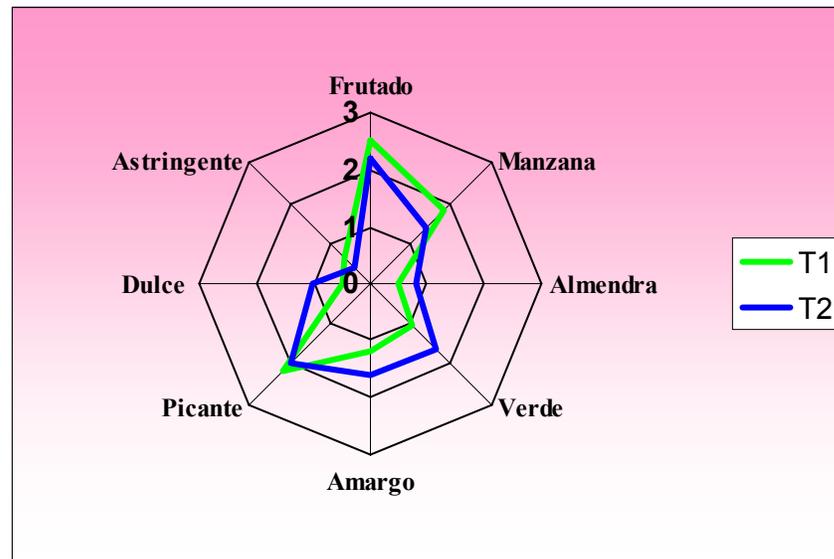


Figura 7. Gráfico radial de los principales atributos encontrados en el aceite de la variedad Arbequina. (T1: aceites provenientes de aceitunas de árboles de alto vigor; T2: aceites provenientes de aceitunas de árboles de bajo vigor)

Como puede apreciarse en la Figura 7 el aceite estudiado se destacó por presentar un frutado medio, con una puntuación promedio de 2,35. En España ensayos realizados por Uceda (2006) con la misma variedad entregaron valores de 3 a 4 para este atributo. Con respecto a las características de amargor y picante los aceites obtenidos en el sector de Cholqui fueron clasificados como ligeramente picantes y amargos, alcanzando una puntuación promedio de 1,39 y 2,09 respectivamente. Con respecto al amargor, cabe destacar que el análisis sensorial se correlaciona con el análisis espectrofotométrico, pues ambos entregaron un bajo nivel de amargor (Anexo 9).

Los aceites de la variedad Arbequina se caracterizan por ser dulces, Uceda (2006) en un ensayo realizado en aceites de la variedad Arbequina obtuvo una puntuación de 2,0, pero el aceite de este estudio se caracterizó por presentar una baja puntuación en este parámetro, promediando 0,75. Otra característica de los aceites de esta variedad es su baja astringencia. Los aceites de este ensayo presentaron una menor puntuación para esta característica, promediando 0,5 (Anexo 9).

En los aceites de este estudio se destacaron también el flavor a almendras y a manzana verde, además fueron encontrados en menor intensidad otros aromas tales como; higuera, hierba, tomate, madera y plátano (Anexo 10).

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación y bajo las condiciones en que se realizó ésta se puede concluir lo siguiente:

- El uso de imágenes multiespectrales e índices de vegetación son una herramienta más para el proceso de toma de decisiones en la producción de aceite de oliva. El NDVI es un buen indicador del vigor de un huerto, pero las interpretaciones que pueden hacerse a partir de éste, deben ser complementadas con datos obtenidos en terreno.
- Todas las características medidas a los árboles se vieron influenciadas por el vigor de éstos y se observaron valores significativamente menores en olivos de bajo vigor. Lo anterior es relevante al momento de realizar los cálculos de rendimiento, pues los olivos caracterizados como árboles de alto vigor presentaron una carga frutal mayor y por lo tanto, se obtuvo de éstos un mayor rendimiento de frutos (kg/ha).
- El estado de vigor de los árboles influyó sobre el peso promedio, tamaño de los frutos y también sobre la coloración de éstos, alcanzando un índice de madurez mayor, aquellos provenientes de árboles de bajo vigor, sin embargo, el estado de vigor no afectó el contenido de aceite de las aceitunas y el rendimiento industrial; parámetros importantes en un huerto de olivos destinado a la extracción de aceite cuyo objetivo principal además de obtener aceites de calidad, es producir la mayor cantidad de litros de aceite por hectárea.
- Aceites elaborados con aceitunas provenientes de árboles con distinto estado de vigor (alto y bajo) no presentaron diferencias en las características, químicas y sensoriales de ellos y pudieron ser categorizados como aceites extra vírgenes, según los parámetros establecidos por el COI (consejo oleícola internacional).

BIBLIOGRAFÍA

ANÓNIMO. 2005. Aceite de oliva: exportación Premium. Revista del envase y embalaje de Chile. Vol.18 (85): 28-30.

ANÓNIMO. 2006. El cultivo del olivo. Requerimientos edafoclimáticos. Disponible en: <http://www.infoagro.com/olivo/olivo.asp>. Consultado el 1 de junio de 2007.

ANÓNIMO. 2007. NDVI. Disponible en: <http://www.grupotecopy.es/cotesa/index.php?id=259>. Consultado el 16 de febrero de 2007.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE LA INDUSTRIA Y EL COMERCIO EXPORTADOR DEL ACEITE DE OLIVA. (ASOLIVA). 2007. Arbequina. Generalidades y difusión. Disponible en: http://www.asoliva.com/menu/frame_espa_v.htm. Consultado el 8 de febrero de 2007.

BARRANCO, D. 2001. Variedades y Patrones. pp. 61-89. *In*: Barranco, D., Fernández-Escobar R. y Rallo, L. (Ed). El cultivo del olivo. 4ª ed. Ediciones Mundi- Prensa, Madrid, España. 724 p.

BEST, S. 2004. Agricultura de Precisión: Una plataforma para la fruticultura de exportación. Boletín Técnico de Pomáceas. Universidad de Talca. Vol.4 (5): 1-4. Disponible en: <http://pomaceas.otalca.cl/publicaciones/boletin/BoletinSept04.pdf> Consultado el 25 de abril de 2006.

BOLETÍN OLEÍCOLA. 2004. Aceites varietales: Arbequina. Secretaria de agricultura, ganadería, pesca y alimentos subsecretaria de política agropecuaria y alimentos. Argentina. Disponible en: http://www.alimentosargentinos.gov.ar/0-3/olivo/boletin/oliva_13.pdf. Consultado el 9 de febrero de 2007.

CASTÉ, A. 2005. Aceite de oliva. Desarrollo de la industria en Chile. Revista para la industria de alimentos. Vol.8 (36): 54-58.

CHILE OLIVA, 2006. Disponible en <http://www.chileoliva.cl>. Consultado el 12 de marzo de 2006.

CONSEJO OLEÍCOLA INTERNACIONAL (COI), 2006. El aceite de oliva. Disponible en: http://www.internationaloliveoil.org/oliveworld_tableolive.asp Consultado el 12 de marzo de 2006.

ESSER, A. y R. ORTEGA. 2003. Uso de percepción remota o teledetección para el manejo sitio-especifico de viñedos. Revista Agronomía y Forestal UC. Vol. 1 (20): 14-19.

Disponible en: http://www.puc.cl/agronomia/c_extension/Revista/Ediciones/20/tecnologia.pdf. Consultado el 25 de abril de 2006.

ESSER, A., R. ORTEGA y O. SANTIBÁÑEZ. 2002. Viticultura de precisión. Nuevas Tecnologías para Mejorar la Eficiencia Productiva en Viñas. Revista Agronomía y Forestal UC. Vol. 1 (15): 4-9. Disponible en: http://www.puc.cl/agronomia/c_extension/Revista/Ediciones/15/tecnologia.pdf. Consultado el 25 de abril de 2006.

FERNANDEZ, J., M. AGUILAR y M. PINEDA. 2003. Caracterización de aceites de oliva vírgenes de la provincia de Córdoba y uso de antioxidantes como marcadores de autenticación. Departamento de Biología Vegetal y Departamento de Bioquímica y Biología Molecular. Universidad de Córdoba. España. Disponible en: <http://www.expoliva.com/expoliva2003/simposium/comunicaciones/Tec-29-Texto.pdf>. Consultado el 5 de febrero de 2007.

FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R. 2001. Fertilización. *In*: Barranco, D., Fernández- Escobar R. y Rallo, L. (Ed). El cultivo del olivo. 4ª ed. Ediciones Mundi- Prensa, Madrid, España. 724 p.

FLORES. L. 2002. Viticultura de precisión: un proyecto INIA-FIA para los vinos de Chile. Disponible en: [http://www.agriculturadeprecision.org/cursos/IIIITallerinternacional/Flores%20\(INIA%20Chile\)%20Procisur%2017-19%20Dic%202002.pdf](http://www.agriculturadeprecision.org/cursos/IIIITallerinternacional/Flores%20(INIA%20Chile)%20Procisur%2017-19%20Dic%202002.pdf). Consultado el 8 de febrero de 2007.

FRÍAS, L., A. GARCÍA- ORTIZ, M. HERMOSO, A. JIMÉNEZ, M. LLAVERO DEL POZO, J. BERNARDIO, M. RUANO, y M. UCEDA. 2001. Analistas de laboratorio de almazara. 3ª ed. Ediciones J. de Haro Artes Gráficas, Sevilla, España, 111 p.

FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGRARIA (FIA). 2004. Boletín Olivícola N° 15 y 16. Disponible en: <http://www.fia.gob.cl/difus/boletin/bololiv/bojunio2004.pdf>. Consultado el 12 de marzo de 2006.

GALLO, S. 2006. Olivos para aceite: Una alternativa que crece en las regiones frías. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/valleinferior/info/r51/03.pdf>. Consultado el 1 de junio de 2007.

GONZÁLEZ, M. 2005. Utilización del Índice de vegetación de diferencia normalizada (N.D.V.I.) para caracterizar la alteración del suelo sometido a la extracción de arenas. Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 32p.

GUTIÉRREZ, F. y S. PERDIGUERO. 1992. Estudio de la efectividad de las columnas de extracción de octadecilo C18 en la evaluación del amargor (K_{225}) del aceite de oliva virgen. Error y esquema analítico del método de valoración. Grasas y Aceites, 43 (2): 93 - 96.

HAMMAN, A., J. ALCHE y M. RODRÍGUEZ. 2003. Influencia de la expresión de stearoyl-acyl carrier protein (acp) desaturasa en la calidad del aceite de oliva. Departamento de Bioquímica, Biología Celular y Molecular de Plantas, Estación Experimental del Zaidín, CSIC. Granada, España. Disponible en: <http://www.expoliva.com/expoliva2003/symposium/comunicaciones/Tec-08-Texto.pdf>. Consultado el 5 de febrero de 2007.

HERMOSO, M., M. UCEDA, L. FRÍAS, y G. BELTRÁN. 2001. Maduración. pp. 153-169. *In*: Barranco, D., Fernández- Escobar R. y Rallo, L. (Ed). El cultivo del olivo. 4ª ed. Ediciones Mundi- Prensa, Madrid, España. 724 p.

IBAR, L. 1998. El cultivo moderno y rentable del olivo. Editorial de Vecchi, S.A. Barcelona, España. 126 Pág.

IGLESIAS, R. 2004. Aceite de oliva: temporadas agrícolas 2003/04 y 2004/05. Vol. 1(23): 5-24.

INFORME OLIVÍCOLA. 2005. Hojas de Olivo N° 16. Secretaria de agricultura, ganadería, pesca y alimentos subsecretaria de política agropecuaria y alimentos. Argentina. Disponible en: <http://www.alimentosargentinos.gov.ar/0-3/olivo/informes/HOJAS16.pdf>. Consultado el 21 de febrero de 2007.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIA) INTIHUASI y CORPORACIÓN DE FOMENTO DE LA PRODUCCIÓN (CORFO). 2001. Definición, caracterización y potencial del sector olivícola e industria oleíca. Disponible en: <http://www.tradechile.cl/Infoforos/ Sector %20 Ole %C3 %ADcola%20e%20Industria%20 Ole%C3%ADca.pdf>. Consultado el 11 de junio de 2007.

KIRITSAKIS, A. 1992. El Aceite de Oliva. Ed A. Madrid Vicente. Madrid. 306 p.

LABORDA, C. 2004. Influencia de la variedad sobre el rendimiento graso, calidad y composición del aceite de oliva extra virgen producido en la zona de Quillota, V Región. Memoria Ingeniero Agrónomo. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Escuela de Agronomía. Chile. 65p. Disponible en: http://ucv.altavoz.net/prontus_unidacad/site/artic/20061206/asocfile/20061206122252/laborda__claudia.pdf. Consultado el 8 de febrero de 2007.

MARTÍNEZ, F., A. ÁLVAREZ, C. CORTES, M. MOYANO. 2003. Estudio intercomparativo de los parámetros contenido en aceite y humedad en aceitunas de la variedad Picual, Arbequina y Hojiblanca. Foro de la tecnología oleícola y calidad. Instituto de la grasa CSIC- Sevilla, España. Disponible en: <http://www.expoliva.com/expoliva2003/symposium/comunicaciones/Tec-13-Texto.pdf>. Consultado el 5 de febrero de 2007.

MATÍAS, C., P. MOYANO, P. GÓMEZ, P. ALDERETE. 2003. Calidad de aceites de Arbequinas en relación a la madurez de las aceitunas. Estación Experimental Agropecuaria Catamarca (INTA). Universidad Nacional de Catamarca, Argentina. Disponible en:

<http://www.editorial.unca.edu.ar/NOA2003/Ciencias%20de%20la%20Ingenieria%20Agronomia%20y%20Tecnolog%C3%ADa/Calidad%20de%20aceites%20de%20arbequinas%20en%20relaci%C3%B3n.pdf>. Consultado el 8 de febrero de 2007.

OFICINA DE ESTUDIOS Y POLÍTICAS AGRARIAS (ODEPA), 2007. Mercado del aceite de oliva. Disponible en: <https://www.odepa.gob.cl/odepaweb/servlet/contenidos.ServletDetallesScr?idcla=2&idcat=4&idn=1909>. Consultado el 15 de agosto de 2007.

ORTEGA, R. 2001. Agricultura de precisión: usos y potencialidades en Chile. Revista Agronomía y Forestal UC. Vol 1. (13): 15-21. Disponible en: http://www.uc.cl/agronomia/c_extension/Revista/Ediciones/13/tecnologia.pdf. Consultado el 25 de abril de 2006.

PARDO, J., M. CUESTA, A. ALFARO y J. NÚÑEZ. 2005. Evaluación de la calidad potencial de los aceites de oliva de la denominación de origen (D.O) Aceite campo de Montiel. Parámetro de estabilidad y de calidad. Foro de la Tecnología y Calidad. Expooliva. España. Disponible en: <http://www.expoliva.com/expoliva2005/simposium/comunicaciones/TEC-04.pdf>. Consultado el 9 de febrero de 2007.

RALLO, L. y J. CUEVAS. 2001. Fructificación y Producción. pp. 121-151. *In*: Barranco, D., Fernández- Escobar R. y Rallo, L. (Ed). El cultivo del olivo. 4ª ed. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 724 p.

RAPOPORT, H. 2001. Botánica y Morfología. pp. 37-59. *In*: Barranco, D., Fernández-Escobar R. y Rallo, L. (Ed). El cultivo del olivo. 4ª ed. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 724 p.

RED ANDALUZA DE EXPERIMENTACIÓN AGRARIA (RAEA). 2005. Ensayo de variedades de olivos en Jaén. Consejería de Agricultura y Pesca (Junta de Andalucía). 76 p.

RODRÍGUEZ, E., C. ANDRADA, A. PÉREZ, C. NAVARRO. 2003. Momento oportuno de cosecha: relación con el índice de madurez y el índice global de calidad en la aceituna aceitera. Universidad Nacional de Catamarca. Facultad de salud. Argentina. Disponible en: <http://www.editorial.unca.edu.ar/NOA2003/Ciencias%20de%20la%20Ingenieria%20Agronomia%20y%20Tecnolog%C3%ADa/Momento%20oportuno%20de%20cosecha,%20relaci%C3%B3n%20con%20el%20%C3%ADndice.pdf>. Consultado el 5 de febrero de 2007.

SADZAWKA, A., R. GREZ, M. MORA, N. SAAVEDRA, M. CARRASCO y C. ROJAS. 2000. Métodos de análisis recomendados para los suelos chilenos. Sociedad Chilena de las Ciencias del Suelo. Comisión de Normalización y Acreditación (CNA). Disponible en: http://www.laboratoriosuelosinia.cl/docs/metodos_suelos.PDF. Consultado el 10 de Abril de 2006.

SEPÚLVEDA, E. 1998. Manual de trabajos prácticos de análisis de alimentos. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 4: 1-2. 55 p.

TOUS, J., A. ROMERO, J. PLANA. 1997. Comportamiento agronómico y comercial de cinco variedades de olivo en tarragona. Departamento de Arboricultura Mediterránea. Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias (IRTA). España. Disponible en: <http://www.oleonet.net/linde/011.pdf>. Consultado el 5 de febrero de 2007.

TOUS, J., A. ROMERO, I. DIAZ, M. ROVIRA, J. PLANA. 2003. Mejora del cultivo del olivo en Cataluña: selección de variedades y dispositivos de plantación. Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias (IRTA). España. Disponible en: http://www.tdcolive.org/query/detail/detail_projects.php?id=78&profile=rd§ion=Projects. Consultado el 8 de febrero de 2007.

TOVAR, M. 2001. Estudio del efecto de la aplicación de diferentes estrategias de riego al olivo (*olea europaea* L.) de la variedad Arbequina sobre la composición del aceite. Tesis doctoral. Universidad de Lleida. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria. Departamento de Tecnología de Alimentos. España. 157p. Disponible en: http://www.tdx.cesca.es/TESIS_UdL/AVAILABLE/TDX-0919105-094923//Tmjt1de1.pdf. Consultado el 8 de febrero de 2007.

TSIMIDOU, M. 1998. Polyphenols and quality of virgin olive oil in retrospect. Ital. J. Food. Sci. 10: 99-116.

UCEDA, M. 2006. Efecto de los factores de producción en la calidad físico-química y sensorial de los aceites de oliva. Encuentro iberoamericano de olivicultura. Chile. Disponible en: <http://www.inia.cl/intihuasi/olivos/04/muceda.pdf>. Consultado el 9 de febrero de 2007.

UCEDA, M. y M. HERMOSO. 2001. La calidad del Aceite de Oliva. In: Barranco, D., Fernández- Escobar R. y Rallo, L. (Ed). El cultivo del olivo. 4ª ed. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 724 p.

VON MARTINI, A., M. BRAGACHINI, A. BIANCHINI, E. MARTELLOTTO, A. MENDEZ. 2004. Percepción Remota. Proyecto Nacional Agricultura de Precisión. Córdoba, Argentina. Disponible en: <http://www.agriculturadeprecision.org/percrem/PercepcionRemota.htm>. Consultado el 20 de febrero de 2006.

Anexo 1

Índice de madurez de Ferreira

Clases

Clase 0: Piel verde intenso.

Clase 1: Piel verde amarillento.

Clase 2: Piel verde con manchas rojizas en menos de la mitad del fruto. Inicio de envero.

Clase 3: Piel rojiza o morada en más de la mitad del fruto. Final de envero.

Clase 4: Piel negra y pulpa blanca.

Clase 5: Piel negra y pulpa morada sin llegar a la mitad de la pulpa.

Clase 6: Piel negra y pulpa morada sin llegar al hueso.

Clase 7: Piel negra y pulpa morada totalmente hasta el hueso.

Siendo: A, B, C, D, E, F, G, H, el número de frutos de las clases: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, respectivamente el índice de madurez se obtiene por la siguiente fórmula:

$$I.M. = \frac{A*0 + B*1 + C*2 + D*3 + E*4 + F*5 + G*6 + H*7}{100}$$

Obtención de la muestra

Se toma una muestra de aceitunas de aproximadamente 2 kg, cogiendo los frutos a la altura del operador y en las cuatro orientaciones del árbol. Una vez homogeneizada la muestra, se separan 100 frutos y se clasifican en las 8 clases o categorías anteriormente descritas. Posteriormente se determina el índice de madurez (IM) como la sumatoria de los productos del número de aceitunas de cada clase por el valor numérico de cada clase, dividido por 100. Este índice de madurez puede tomar valores entre el 0 (todos los frutos de color verde intenso) y el 7 (todos los frutos con piel negra y pulpa morada hasta el hueso) (Hermoso *et al.*, 2001).

Anexo 2

DEPARTAMENTO DE AGROINDUSTRIA Y ENOLOGÍA, UNIVERSIDAD DE CHILE

Hoja de perfil Nombre del Catador: _____
 Notas olfato gustativas - táctiles Nº de la muestra: _____ Fecha: _____

Atributos	Intensidad de Percepción					
	0	1	2	3	4	5
Frutado de aceituna (madura o verde) (*)						
Manzana						
Otra(s) fruta(s) madura(s)						
Verde (hoja) (hierba) (*)						
Amargo						
Picante						
Dulce						
Astringencia						
Higuera						
Almendra						
Madera						
Frambuesa						
Plátano						
Mora						
Hierba recién cortada						
Tomate (planta, hoja, fruto) (*)						
Menta						
Otras sensaciones. Descríbalas.....						
Agrio/ Avinado/ Avinagrado/ Ácido (*)						
Basto						
Metálico						
Moho/ Humedad (*)						
Borras/ Turbio (*)						
Atrojado						
Rancio						
Otro(s) atributo(s) intolerable(s) ¿Cuáles?.....						

(*) Tachese lo que no proceda.

Nota: es obligatorio indicar la ausencia de la nota sensorial marcando con una "X" en la casilla correspondiente.

Observaciones: _____

Intensidad de la percepción 0 Ausencia total 1 Casi imperceptible 2 Ligero 3 Media 4 Grande 5 Extrema

Fuente: Estación de Olivicultura. C.I.F.A. "Venta del Llano" de Mengibar (Jaen), 2001.

Anexo 3

Índices generales y categorías para interpretación de análisis de suelo N, P, K (ppm).

Categoría	Nitrógeno (N)	Fósforo (P)	Potasio (K)
Muy bajo	0 a 10	0 a 4	0 a 50
Bajo	11 a 20	5 a 9	51 a 100
Regular	21 a 40	10 a 15	101 a 150
Adecuado	41 a 80	16 a 56	> 150
Alto	81 a 120	> 60	/
Excesivo	> 120	/	/

Fuente: Elaborado por Laboratorio de suelo. Dep. de Suelo Fac. Cs. Agronómicas. Universidad de Chile.

Anexo 4

Niveles críticos de NPK (%) en hojas de olivo.

Elemento	Deficiente	Adecuado	Tóxico
Nitrógeno (N)	1,4	1,5-2,0	/
Fósforo (P)	0,05	0,1-0,3	/
Potasio (K)	0,4	>0,8	/

(Fernández- Escobar, 2001)

Anexo 5

Contenido de aceite en base a materia húmeda (%) para aceitunas de la variedad Arbequina.

Tratamiento	31-mar	13-abr	02-may	17-may	30-may	13-jun
T1	12,47 a	16,98 a	17,99 a	23,56 a	26,00 a	24,76 a
T2	14,14 a	17,71 a	19,71 a	26,00 a	27,36 a	25,37 a

T1: árboles de alto vigor; T2: árboles de bajo vigor. Letras distintas, verticalmente, para una misma fecha, indican diferencias significativas al 5%

Anexo 6

Contenido de aceite en base a materia seca (%) para aceitunas de la variedad Arbequina.

Tratamiento	31-mar	13-abr	02-may	17-may	30-may	13-jun
T1	38,01 a	46,76 a	49,07 a	63,46 a	69,74 a	71,06 a
T2	40,70 a	47,58 a	51,41 a	67,57 a	70,91 a	72,48 a

T1: árboles de alto vigor; T2: árboles de bajo vigor. Letras distintas, verticalmente, para una misma fecha, indican diferencias significativas al 5%

Anexo 7

Características del aceite de oliva extra virgen, según normativa del COI.

Característica	Acidez (%)	Índice de Peróxidos (meq O ₂ /kg)	K ₂₃₂	K ₂₇₀	ΔK
Aceite de oliva extra virgen	≤ 0,8	≤ 20	≤ 2,5	≤ 0,20	≤ 0,01

Anexo 8

Composición en ácidos grasos por cromatografía de gases (% de ácidos grasos totales) para aceites de oliva extra vírgenes, establecidos por el COI.

Ácido graso	Palmítico (C16:0)	Palmitoléico (C16:1)	Margárico (C17:0)	Estearico (C18:0)	Oleico (C18:1)	Linoléico (C18:2)	Linolénico (C18:3)
	7,5 – 20,0	0,3 – 3,5	0,0 – 0,5	0,5 – 5,0	55,0 – 83,0	3,5 – 21,0	0,0 – 1,5

Anexo 9

Principales atributos positivos encontrados en los aceite variedad Arbequina, a partir del análisis sensorial.

Trat.	Frutado	Picante	Manzana	Amargo	Verde	Dulce	Almendra	Astringente
T1	2,50 a	2,17 a	1,83 a	1,17 a	1,00 a	0,50 a	0,50 a	0,67 a
T2	2,20 a	2,00 a	1,40 a	1,60 a	1,60 a	1,00 a	0,80 a	0,40 a

T1: árboles de alto vigor; T2: árboles de bajo vigor. Letras distintas, verticalmente, para una misma fecha, indican diferencias significativas al 5%

Anexo 10

Otros atributos positivos encontrados en los aceite variedad Arbequina, a partir del análisis sensorial.

Trat.	OFM	Hierba	Higuera	Tomate	Madera	Plátano	Frambuesa
T1	0,83 a	0,50 a	0,50 a	0,50 a	0,00 a	0,33 a	0,17 a
T2	0,60 a	0,60 a	0,60 a	0,40 a	0,40 a	0,00 a	0,00 a

T1: árboles de alto vigor; T2: árboles de bajo vigor. Letras distintas, verticalmente, para una misma fecha, indican diferencias significativas al 5% (OFM: otros frutos maduros)