

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

**ESTUDIO DEL DESARROLLO DE LA YEMA FLORAL DEL OLIVO (*Olea
europaea* L.), CULTIVAR “ARBEQUINA”**

PAMELA CONSTANZA ARENAS ROJAS

SANTIAGO, CHILE
2012

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

ESTUDIO DEL DESARROLLO DE LA YEMA FLORAL DEL OLIVO (*Olea europaea* L.), CULTIVAR “ARBEQUINA”

**“STUDY OF OLIVE (*Olea europaea* L) FLORAL BUD DEVELOPMENT,
CULTIVAR “ARBEQUINA” ”**

PAMELA CONSTANZA ARENAS ROJAS

SANTIAGO, CHILE
2012

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

ESTUDIO DEL DESARROLLO DE LA YEMA FLORAL DEL OLIVO (*Olea europaea* L.), CULTIVAR “ARBEQUINA”

Memoria para optar al título profesional de: Ingeniero Agrónomo

Mención: Fruticultura

PAMELA CONSTANZA ARENAS ROJAS

	Calificaciones
Profesor Guía	
Sra. M. Loreto Prat Del R. Ingeniero Agrónomo, Mg.	6,8
Profesores Evaluadores	
Sr. Thomas Fichet L. Ingeniero Agrónomo, Dr.	5,5
Sr. Hector Manterola B. Ingeniero Agrónomo, M.S.	6,5

SANTIAGO, CHILE
2012

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a todas las personas que de alguna u otra forma contribuyeron a la realización de mi memoria.

A mi profesora guía María Loreto Prat, por su confianza y apoyo en todo momento que lo necesité; al profesor Thomas Fichet quién colaboró en llevar por buen camino esta memoria; a Giselle Crisóstomo quién tuvo la buena disposición para trasladarme al fundo “El Oliveto” y ayudarme a sacar las muestras durante los meses de estudio; a don Miguel Madrid ya que su cooperación fue de vital importancia para mi trabajo en el laboratorio.

A mi familia quienes siempre estuvieron apoyándome en los buenos y malos momentos durante esta memoria y a mis amigos; Waleska, Mackarena, Felipe, Manuel y Hernán, los que con su ayuda y comprensión estuvieron ahí, animándome a seguir adelante y no bajar los brazos nunca.

ÍNDICE

RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	8
INTRODUCCIÓN	9
MATERIALES Y MÉTODOS	13
Materiales	13
Metodología.....	13
Recolección ramillas.....	13
Cosecha.....	14
Evaluaciones	14
Análisis histológico.....	14
Días-grado y fenología.....	14
Producción	15
Eficiencia productiva y carga frutal.....	15
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
Descripción Histológica	16
Producción.....	28
Productividad.....	28
Eficiencia productiva y carga frutal	29
Días grado y fenología	32
CONCLUSIONES	38
BIBLIOGRAFÍA CITADA	39
APÉNDICES.....	45

Apéndice I	45
Apéndice III.....	46
ANEXOS	47
Anexo I.....	47
Inclusión en plástico J.B.4	47
BBCH-Descripción de las fases fenológicas del olivo (<i>Olea europaea</i> L)	48

RESUMEN

ESTUDIO DEL DESARROLLO DE LA YEMA FLORAL DEL OLIVO (*Olea europaea* L.), CULTIVAR “ARBEQUINA”

Se realizó un estudio histológico de diferenciación floral en un huerto comercial de olivos de 12 años de edad, en el cultivar “Arbequina”, desde febrero del 2010, hasta octubre del mismo año. Para ello se utilizaron 5 árboles de dos sectores distintos, tres de ellos del sector 1, y los demás del sector 2.

Los cortes histológicos realizados, mostraron que la iniciación floral comienza levemente a principios de abril, con el ápice recién aplanándose, para llegar con el característico domo meristemático a mediados de mayo; esta condición permanece hasta finales de agosto. A principios de septiembre comienza la diferenciación propiamente tal, con el desarrollo de los sépalos y terminando con el gineceo. Se encontraron pequeñas diferencias en el desarrollo de la diferenciación entre los árboles del sector 1 y del sector 2.

Con respecto a los estados fenológicos, el estado de yema de invierno permanece hasta finales de agosto, iniciándose la brotación los primeros días de septiembre. El ramillete expuesto se aprecia a finales de septiembre, y a mediados de octubre ya se observa el cáliz y la corola. Los días-grado (DG) acumulados mostraron grandes diferencias si se ocupan 10°C o 12,5°C como temperatura umbral, variando entre 1550 y 950 DG acumulados desde brotación hasta cosecha. Se desarrolló además, una comparación entre la brotación y cosecha de la temporada 2010, con la temporada 2011, existiendo variación con la acumulación de DG, para ambas temperaturas umbrales utilizadas.

Se complementó el estudio con datos de producción y eficiencia productiva. Los resultados mostraron diferencias de producción para los árboles en alta y baja carga frutal, con 20,3 y 4,25 kg/árbol para la temporada 2010, y 25,2 y 15,11 kg/árbol para la temporada 2011; también se presentaron diferencias con respecto a la eficiencia productiva en las dos temporadas, variando entre 0,23 y 0,19 kg fruta/cm² para los árboles del sector 1 y 0,14 y 0,04 kg fruta/cm² en los árboles del sector 2, demostrando que existe añerismo en este cultivar, al pasar de un año de baja carga a uno de alta carga.

Palabras clave: diferenciación floral, alternancia productiva, días-grado.

ABSTRACT**“STUDY OF OLIVE (*Olea europaea* L) FLORAL BUD DEVELOPMENT, CULTIVAR “ARBEQUINA” ”**

It was made a histological study of flower differentiation in an olive orchard from 12 years old in the cultivar “Arbequina”, from February to October 2010. Five trees were used from 2 different sectors, three of them from section 1 and the others from section 2.

The histological study showed that the floral initiation began slowly at the beginning of April, with the apex hardly flattened, then appearing with the typical meristematic dome in the middle of May; this condition remain until the end of August. At the beginning of September the differentiation begins strictly speaking with the development of sepals and finishes with the gynoecium. Little differences were found in the differentiation development between high and low bearing trees.

In accordance to the phenological stages, the dormant bud stage keeps on until the end of August, beginning the burst the first days of September. The flower cluster development is seen at the end of the same month given before and, in the middle of October you can see the calyx and the corolla. The accumulated degree days (Dg) showed big differences if temperatures of 10°C or 12,5°C were used as base temperature, changing between 1550 and 950 Dg accumulated. It was also developed a comparison between burst and date harvest from the season 2010 to the season 2011, existing similarity within the degree days accumulation from both base temperature used.

The study was complemented with production data and crop efficiency. The indicated results showed yielded differences between trees from section 1 and 2, with 20, 3 and 4,25 kg/tree for the 2010 season and 25,2 and 15,11 kg/tree from the 2011 season. Differences were shown respect to the crop efficiency in both seasons, changing between 0,23 and 0,19 kg fruit/cm² for the trees from section 1 and 0,14 and 0,04 kg fruit/cm² in the trees from section 2, demonstrating the bearing in this cultivar passing from a high bearing year to low bearing.

Key words: Floral differentiation, alternate bearing, degree days

INTRODUCCIÓN

El olivo es un frutal de hoja persistente que puede presentar añerismo o producción alternada, lo que puede provocar daños económicos, dependiendo de la intensidad con que se manifiesta, afectando la continuidad del abastecimiento de aceituna de mesa en los distintos mercados y disponibilidad de materia prima de excelente calidad para la producción de aceite (Callejas, 2001). El fenómeno se manifiesta tradicionalmente con un año de alta floración y fructificación (año de alta carga frutal), en el que casi no se produce crecimiento vegetativo debido a la alta competencia generada por los órganos reproductivos, produciendo una baja del nivel de azúcares en los brotes para el año siguiente, lo que causa el desarrollo de brotes cortos en baja cantidad en los que precisamente debiera ocurrir la formación de flores (Lechuga, 2005). Esto limita el número de nudos y potenciales yemas florales para el siguiente año, teniendo como consecuencia una baja carga productiva (Rallo y Cuevas, 2008). El siguiente año, debido a una mayor cantidad de asimilados, se producirán ramas largas y fuertes que darán origen a yemas bien desarrolladas, las que bajo condiciones medioambientales adecuadas (Lavee, 2007), se inducirán a yemas florales, que originarán a inflorescencias la primavera siguiente (Rubio *et al.*, 2007; Rallo y Cuevas, 2008); en consecuencia, probablemente un año de alta carga frutal.

Por otra parte, el fruto en desarrollo representaría un factor inhibidor de la inducción floral y se transformaría en el factor principal para originar la alternancia en la producción (Lavee, 2007, Rallo y Cuevas, 2008). Lavee *et al.* (1986) y Rallo *et al.* (1994) señalan que la eliminación de los frutos 6 a 7 semanas posteriores a la floración, incrementa la floración al año siguiente en relación con árboles testigos a los cuales se les dejaron los frutos. De acuerdo a estos resultados, el estímulo inhibidor de la inducción floral, residiría en la semilla y serían las giberelinas (GAs) sintetizadas en ellas, las causantes de su inhibición (Fernández-Escobar *et al.*, 1992), lo que es corroborado por otros autores (Rallo, 1994, Sanz *et al.*, 2002). Sin embargo, en una investigación realizada por Al-Shdiefat y Qrunfleh (2008), no hubo diferencias en los árboles con alta y baja carga frutal, con respecto a las concentraciones de GAs, sugiriendo que esta hormona no sería el factor inhibidor de la inducción floral.

El olivo tiene un ciclo reproductivo de 2 años: En el primero se forman las yemas y durante el segundo año se completa el proceso de producción. La fenología de la flor del olivo se caracteriza por un ciclo que incluye la formación de yemas en el verano previo, la dormancia durante el período frío, el inicio de la brotación terminando el invierno y el desarrollo de la estructura floral desde la brotación hasta la floración en primavera (Orlandi *et al.*, 2006).

Las flores se caracterizan por agruparse en inflorescencias que tienen forma de panícula; se desarrollan en las axilas foliares de los nudos del crecimiento vegetativo del año previo a la floración, presentando un eje central del cual salen ramificaciones, que a su vez, también pueden ser ramificadas (Rapoport, 2008; Seifi *et al.*, 2008); la condición para que puedan desarrollarse las yemas sobre brotes del año anterior es tener madera bien lignificada (Gil, 2000; Lavee, 2007). Cada inflorescencia puede contener entre 10 y 40 flores, dependiendo del cultivar, condiciones ambientales y fisiológicas; sin embargo, del total de flores formadas en el árbol, sólo un 2% llega a cuajar (Martin, 1990; Cuevas *et al.* 1999; Ahmed *et al.*, 2004; Rapoport, 2008; Seifi *et al.*, 2008; Reale *et al.*, 2009). En las inflorescencias se presentan flores de 2 tipos: perfectas o hermafroditas, y estaminíferas (Martin, s.a; Lavee *et al.*, 1999; Cuevas y Polito, 2004; Rapoport, 2008), siendo el origen de estas últimas el aborto del pistilo o la detención de su formación durante las últimas fases de diferenciación, generalmente, un mes antes de la floración (Gómez, 2009).

Dentro de las fases de formación de la yema floral del olivo, se distinguen tres etapas que ocurren de manera sucesiva: la inducción de la yema floral, definido como el estímulo por el que una yema vegetativa cambia a un estado reproductivo (Rallo, 1994); la diferenciación, en donde se aprecian los cambios morfológicos que suceden en el meristemo apical al ocurrir la inducción, siendo la iniciación floral la aparición de los primeros indicios que señalan el comienzo de esta etapa; y la floración, que corresponde a la culminación del proceso de formación de la flor (Callejas, 2001).

El crecimiento y desarrollo de yemas en el olivo se completa en las 6 semanas siguientes al inicio de su formación, desde que se localizan en el primer nudo apical hasta que se sitúan en el cuarto o quinto nudo debido al crecimiento del brote portador; su morfología no se modifica hasta el comienzo de su brotación en la primavera siguiente y su destino, reproductor o vegetativo, se determinará durante su período de formación, es decir, desde primavera hasta el cese de crecimiento en otoño (Rallo y Cuevas, 2008).

La inducción floral ocurriría en el verano previo a la floración, antes de la esclerificación del endocarpo, de acuerdo a estudios realizados por Fernández-Escobar *et al.* (1992). Una vez concluida la inducción, comienzan a ocurrir cambios histoquímicos o morfológicos en el meristema, proceso que se conoce como iniciación floral. Rallo (1994) y Andreini *et al.* (2008), indican que los primeros indicios de la iniciación floral pudieran ser los señalados entre mediados de octubre y mediados de noviembre para el hemisferio norte, consistentes en mayor número de nudos y contenido de RNA celular en el meristemo apical de las yemas. En el caso de nuestro país, estos cambios ocurrían en mayo (Ibacache, 2003), y permitirían continuar con la iniciación floral, donde se aprecia en la yema una forma más aplanada del ápice (Martin, 1990; Pinney y Polito, 1990), siendo el inicio de la diferenciación floral, conocido también como pre-diferenciación. Luego de ello, ocurriría la aparición de pequeñas piezas que darán origen a brácteas y sépalos lo que ayudaría a formar 3 protuberancias de las cuales, la central, sería la más grande (Chaari-Rkhis *et al.*, 2006), permitiendo la formación de los primordios florales, lo que se concluye antes de la anthesis (Razeto, 2006).

Para que ocurra la diferenciación floral, el olivo requiere de acumulación de horas fresco durante el invierno, a diferencia de las yemas vegetativas que llegan a convertirse en brotes, las que se desarrollan satisfactoriamente sin horas fresco en el invierno. Las temperaturas óptimas están entre los 10 y 13°C (Fabbri y Benelli, 2000), aunque en estudios desarrollados por Malik y Bradford (2009), trabajando con el cultivar “Arbequina”, hasta con 4,4°C (temperatura nocturna manteniendo una temperatura diurna de 17,5°) se puede tener una óptima floración. Las bajas temperaturas permitirán que sólo las yemas laterales desarrollen inflorescencias, mientras que las yemas terminales continuarán creciendo vegetativamente (Sayed *et al.*, 1970). Se ha postulado una teoría de dos posibles etapas: el primer estímulo inductor para la diferenciación ocurriría en el verano, mientras que el segundo estímulo sería necesario durante el invierno. La diferenciación por tanto, sería una función de la interacción que existe entre la intensidad de los factores de verano, incluyendo la suma térmica o días-grado (umbral 12,5°C para el caso del olivo) y las condiciones ambientales en invierno (Andreini *et al.*, 2008), ambas relacionadas con el inicio y la calidad de la brotación y floración (Gil, 2000, Orlandi *et al.*, 2005, Cesaraccio *et al.*, 2006); aunque también son necesarios otros factores como carbohidratos, nutrientes esenciales como el nitrógeno y agua (Hartman, 1950; Lavee 2007), siendo este último importante ya que una escasez puede llegar a formar flores parcialmente desarrolladas con pistilos ausentes o no funcionales (Ibacache, 2003).

Por otro lado, la fenología ayuda a asociar el desarrollo floral con el desarrollo de los árboles. Esta herramienta proporciona datos sobre el ritmo periódico de fenómenos biológicos como brotación, floración y fructificación, los que dependen de las características propias de la especie, y están relacionados estrechamente con el clima local, en particular con la temperatura ambiental, vital para el manejo del huerto (Agusti *et al.*, s.a; INIA, 2008). El conocer los estados fenológicos ayuda a la distribución de prácticas culturales como el tratamiento para el control de plagas, enfermedades y desórdenes fisiológicos (Sanz *et al.*, 2002), sobretodo si se relaciona con factores climáticos tales como horas fresco y días grado (Orlandi *et al.*, 2005), siendo éste último una herramienta útil para mejor comprensión del desarrollo de la fase de floración y estimar su fecha de ocurrencia (Mormeneo, 2008).

La BBCH (*Biologische Bundesanstalt, undessortenamt, Chemische Industrie*), es ahora el sistema oficialmente aceptado por la Organización de la Protección Vegetal Europea (EPPO) para describir los estados de crecimiento de un amplio rango de cultivos y malezas. La escala BBCH es una escala basada en el conocimiento del cereal desarrollado por Zadock *et al.*, (1974, citado por Sanz *et al.*, 2002). Esta escala tiene dos dígitos: El primer dígito (0 a 9), corresponde al estado principal del crecimiento (por ejemplo, floración) y el segundo dígito (también de 0 a 9) para el estado secundario (por ejemplo, primera abertura de flores) (Meier, 2001). Los estados principales son 10, iniciándose con la germinación o brotación (estadio 0), según la planta, y finalizando con la muerte o el inicio de la latencia (estadio 9). Al desarrollo vegetativo se le asignan dos macro-estados, correspondientes al desarrollo de las hojas (estadio 1) y de los brotes (estadio 3), éste último compartido con el desarrollo de las flores (estadio 5). La floración (estadio 6) y el desarrollo del fruto (estadio 7) completan el código. Esta escala tiene muchas ventajas

sobre la escala De Andrés, utilizada comúnmente en nuestro país (Mejías *et al.*, s.a., INIA 2008), la cual tiene solamente 13 estados que describen principalmente el desarrollo de la inflorescencia y floración, no así el desarrollo de la fruta y la maduración los que no son bien definidos, no existiendo tampoco una descripción de yemas, hojas o crecimiento del brote. Muchos reguladores de crecimiento o pesticidas son aplicados durante estos estados, que son completamente definidos por la nueva escala digital BBCH (Sanz *et al.*, 2002).

Tomando en cuenta los antecedentes antes mencionados se plantean los siguientes objetivos:

- a) Describir la biología floral del olivo, cultivar “Arbequina”
- b) Determinar los estados fenológicos de “Arbequina” mediante la tabla BBCH

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

El estudio se realizó entre febrero de 2010 y mayo de 2011 en el fundo “El Oliveto”, perteneciente a Agrícola Valle Grande Limitada, ubicada en el kilómetro 17,5 Ruta g-546 en el sector Pallocabe, localidad de Cholqui, comuna de Melipilla, provincia de Melipilla, Región Metropolitana (33°48 latitud sur y 71°05 longitud oeste, altitud 205 m.s.n.m.). Los análisis histológicos se llevaron a cabo en el laboratorio de Anatomía Vegetal de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

El cultivar en estudio fue “Arbequina”; los árboles fueron plantados en 1999, en sentido norte-sur, a una distancia de 6x2; se encuentran bajo manejo orgánico, con un sistema de riego por goteo, que entregan un caudal de 4 L.h⁻¹. Los árboles fueron seleccionados de dos sectores del huerto; 3 árboles provenientes del sector ubicado al lado de la estación meteorológica del huerto (sector 1), con un rendimiento promedio de 20,3 kg/árbol en la temporada 2009-2010 y 25,24 kg/árbol durante la temporada 2010-2011, y 2 árboles del sector situado al lado de una cancha de compostaje (sector 2), con un rendimiento promedio de 4,25 kg/árbol de la temporada 2009-2010 y 15,4 kg/árbol durante la temporada 2010-2011 respectivamente.

Para realizar los cortes histológicos y su observación se utilizó el kit JB-4 (Polyscience, Inc), y un micrótopo de rotación marca Leitz modelo 1516, con cuchillas de vidrio, siguiendo el protocolo de inclusión y tinción indicado en el Anexo I. La observación de los cortes se realizó mediante el microscopio marca Olympus, modelo CX21.

Metodología

Recolección ramillas

Se realizaron 10 muestreos desde el 8 de febrero hasta el 18 de octubre de 2010; de febrero hasta julio los muestreos se realizaron mensualmente, mientras que desde agosto a octubre, fueron cada 15 días aproximadamente. Se eligieron 24 ramillas del sector 1 y 20 ramillas para los árboles del sector 2. Las ramillas fueron escogidas al azar, del sector Este de cada árbol, de acuerdo a un vigor medio y buena iluminación, dejando sólo un 1/3 de ellas, siendo la parte media la elegida por tener mejor inducción floral¹. Luego de la selección, las

¹ M. Loreto Prat. 2010. Ingeniero Agrónomo M.S. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. (Comunicación personal).

ramillas fueron preservadas en FAA (formalina, ácido acético y etanol 70% en proporción 5:5:90 v/v), para posteriormente, realizar las inclusiones de las yemas en plástico.

Cosecha

Se realizaron 2 cosechas; una el 19 de mayo del 2010, y la otra el 21 de abril de 2011. Al momento de la cosecha, se puso una malla raschel debajo de cada árbol muestreado y se utilizó una máquina tipo colibrí para poder sacar la fruta de los árboles. Luego de ello, los frutos fueron llevados, dentro de cajas cosecheras, a la almazara para poder pesar la fruta, no mezclando la fruta de cada sector y sacando hojas y restos de ramilla que pudiesen alterar el pesaje.

Evaluaciones

Análisis histológico

De las ramillas recolectadas, se utilizaron 20 yemas por cada muestreo, 10 por cada sector, para elaborar las preparaciones fijas, las que fueron seleccionadas por su mayor desarrollo. Las muestras fueron incluidas en plástico, para lo cual se sometieron previamente a una deshidratación mediante una serie de alcoholes de concentración creciente de 70, 80 y 90% por 30 minutos cada uno. Posteriormente se siguió el protocolo de inclusión y tinción presentado en el Anexo I.

Para poder caracterizar los primeros estados de desarrollo de la yema floral, se utilizó la metodología propuesta por Castillo y Rapoport (2003), la que ayuda a diferenciar los distintos estados fenológicos hasta el inicio de la diferenciación (ver Cuadro 1).

Días-grado y fenología

Se registró la temperatura máxima y mínima a contar del mes de septiembre de 2009, a través de los datos proporcionados por la estación meteorológica situada en el huerto, y de la página web de Agroclima.cl. Esto sirvió para poder calcular la acumulación de días grado durante el transcurso de la temporada, hasta el mes de octubre, momento en que ocurrió la floración.

Para identificar los estados fenológicos, se empleó la clasificación usada por Meier (2001), ver Anexo II. Una vez determinado los estados fenológicos, se asociaron los datos de temperatura media durante el período de medición. El cálculo de días grado, se realizó de acuerdo a la fórmula utilizada por Melgarejo (1996), la cual es:

$$Uc = \sum (Tm - t)$$

Donde:

Uc= Unidades de calor (°C), acumuladas en el período considerado

Σ = Sumatoria extendida al número de días considerado

Tm= Temperatura media diaria (°C)

t= Temperatura umbral (en el caso del olivo es de 10°C y 12,5°)

Para la temporada 2010-2011 se hicieron, además, las siguientes evaluaciones:

Producción

Para determinar la productividad de los árboles al momento de cosecha, en ambas temporadas, se cosechó el total de cada árbol, y se pesó el total de sus frutos, expresándose como kilogramos de fruta.

Eficiencia productiva y carga frutal

Se midió el perímetro de cada árbol a 20 cm de altura para determinar el área de sección transversal del tronco (ASTT), mediante la fórmula $P^2/12,56$ (Contreras, 2008), para así, poder obtener la eficiencia productiva (kg fruta/cm² ASTT) y carga frutal (número de frutos/cm² ASTT) por cada árbol elegido en el estudio.

Cuadro 1. Estados de desarrollo del ápice de la yema del olivo según Castillo y Rapoport (2003).

Estado	Descripción del ensayo
A	Ápice de tamaño reducido. Presencia de una túnica con dos filas. Los primordios foliares están inclinados hacia el ápice
B	Ápice en forma de domo bien desarrollado debido a la presencia inicial de las células madres centrales. Presencia de una túnica con mayor número de células que "A".
C	Ápice elevado de forma trapezoidal
D	Formación inicial del siguiente nudo debido a la presencia de dos pequeños primordios foliares en los laterales del ápice. Conforme se elevan los primordios foliares, el nuevo ápice portador del meristemo apical, reduce su ancho.

Análisis de datos

El estudio fue descriptivo y la recopilación de datos fue basada en la observación de los muestreos en estudio. Para reflejar los resultados se recurrió a la toma de fotografías, junto con la elaboración de cuadros y gráficos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción Histológica

Los primeros indicios de diferenciación floral en el meristema, se comienzan a ver entre abril y mayo, lo que se conoce como iniciación floral (Rallo, 1994). Esto se observa con un ensanchamiento del ápice meristemático. Antes de ello, las yemas se mantienen vegetativas y no hay cambios aparentes en el meristema apical. Del total de cortes histológicos hechos por mes (10 por cada sector), no hubo señales aparentes de diferenciación, viéndose las yemas vegetativas como se puede apreciar en las Figuras 1 y 2. Esto se observó para ambas cargas de “Arbequina” y no se apreciaron diferencias visibles entre ellas.

Fabbri y Alerci (1999a) encontraron diferencias entre yemas vegetativas y florales, apreciándose estos cambios a partir del mes de agosto en el hemisferio Norte (cuyo mes análogo en el hemisferio sur correspondería al mes de febrero), en donde las yemas vegetativas presentarían un domo con pequeñas protuberancias, dándole una forma trapezoidal, a diferencia de las yemas florales en que no presentarían estos cambios. Esto es corroborado posteriormente por los mismos autores (Fabbri y Alerci, 1999b). Las yemas florales ya presentarían un ensanchamiento en forma de domo que se mantendría hasta junio, sin cambios aparentes. Sin embargo, en este estudio, la presencia del domo no es visible en el mismo mes análogo. Varios autores (Tomaselli, 1960; Carrante y Laviola 1960; Troncoso, 1966; citados por Fabbri y Benelli 2000), explicarían que no se producirían diferencias anatómicas hasta el otoño, donde las yemas que darán origen a inflorescencias presentarían un ensanchamiento y aplanamiento del ápice meristemático.

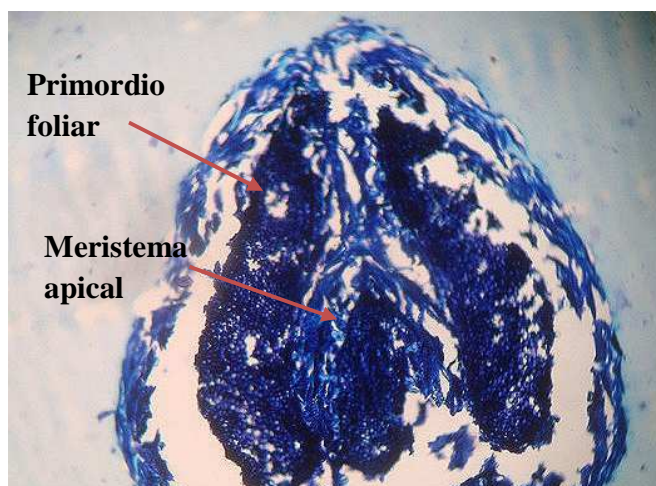


Figura 1. Corte histológico de yema del 8 de febrero de “Arbequina” del sector 2. Es posible observar que no hay aún un ensanchamiento del ápice, ya que el ápice aún se encuentra muy agudo.

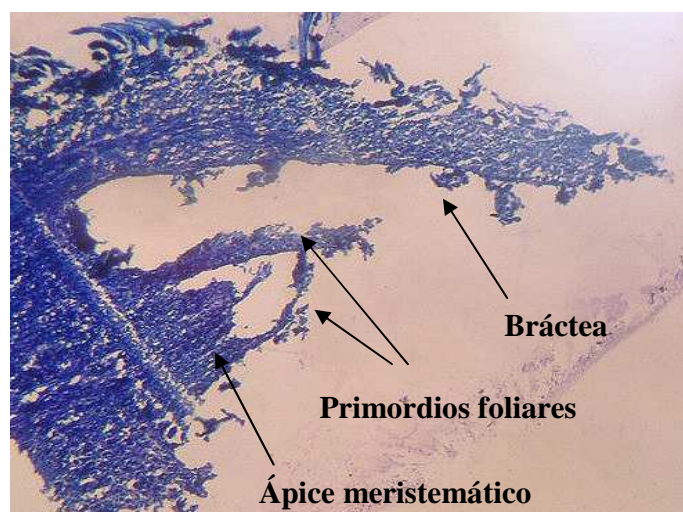


Figura 2. Corte histológico de yema del 10 de marzo de “Arbequina” del sector 1. Se puede apreciar que el ápice persiste aguzado.

A partir del mes de abril (Figuras 3 y 4), el ápice meristemático comienza a volverse más achatado, indicando que ya estaría próximo la iniciación floral. Muchos autores plantean que este proceso ya es irreversible, por lo cual la yema en este estado ya estaría definida como yema floral (Camacho, 1995), aunque Ramos (2000, citado por Ramirez, 2001) postula que no se puede hablar de irreversibilidad en este proceso, ya que se puede conseguir la reversión mediante cambios de las condiciones ambientales o de reguladores de crecimiento como las GAs, que pueden revertir el proceso de diferenciación sólo hasta que los primordios de sépalos se formen. Posteriormente el proceso es irreversible (Lord y Eckard, 1987, citado por Chouza y Gravina, 2010).

No se vieron signos de desarrollo de meristemas axilares, los cuales darían origen a flores laterales (Fabbri y Benelli, 2000). Este fenómeno ocurriría posterior a la formación del domo (Fabbri y Alerci, 1999b).

El estudio realizado por Contreras (2008), donde se vió el efecto de la aplicación de ácido abscísico sobre la maduración y diferenciación floral en “Arbequina” en el mismo huerto en estudio, la apreciación del domo meristemático se observó el 21 de abril, independiente de los tratamientos realizados con ácido abscísico. En este estudio, las muestras extraídas a principio de abril no mostraron el domo ensanchado, sin embargo las muestras extraídas a comienzos de mayo presentan un domo más aplanado (Figuras 5 y 6).

Debido al pequeño tamaño y limitada diferenciación de las yemas de olivo, es difícil diferenciar entre una yema vegetativa o reproductora antes del receso invernal, por lo que Castillo y Rapoport (2003) establecieron estados de desarrollo para el ápice y la zona axilar de las yemas, ayudando a una mejor conocimiento de la diferenciación floral. Para el caso

del desarrollo del ápice, se definieron 4 estados de desarrollo, siendo el estado A el que coincide con el mes de abril, ya que aún no es posible observar el domo bien desarrollado.

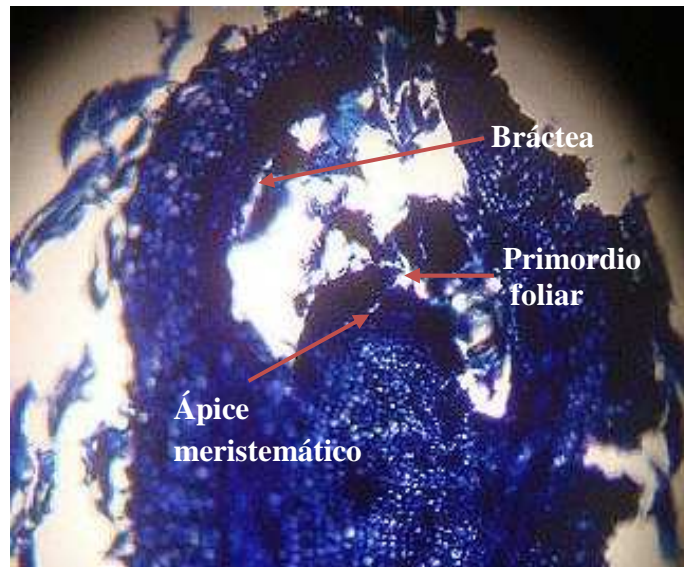


Figura 3. Corte histológico de yema del 7 de abril de “Arbequina”, del sector 2. Es posible observar un leve achatamiento del ápice, dando comienzo a la diferenciación floral.

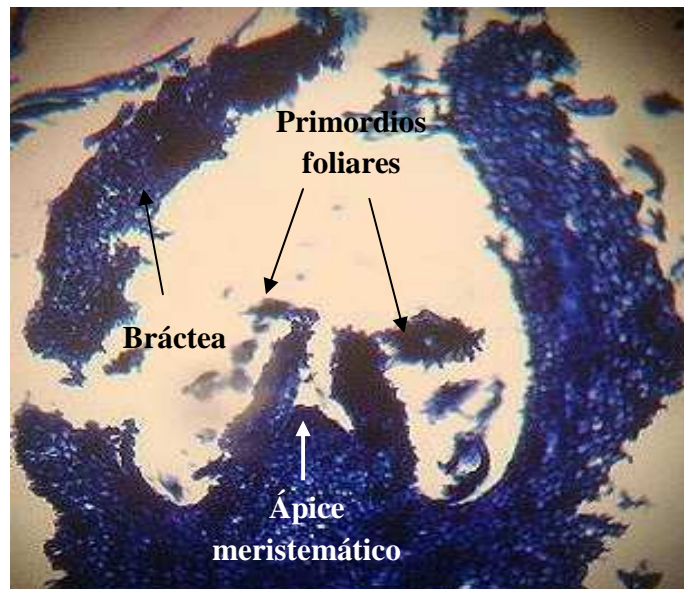


Figura 4. Corte del 7 de abril, de “Arbequina” del sector 1. No se ven diferencias con respecto a “Arbequina” del sector 2.

Las muestras extraídas el 19 de mayo, permitieron observar un ápice bastante aplanado y con la presencia de una túnica bien diferenciada, como se puede observar en las Figuras 5 y 6. No hay diferencias visibles entre ambas cargas de “Arbequina”, lo que coincide con lo encontrado por Pinney y Polito (1990) y Andreini *et al.* (2008), en los cultivares Manzanillo, Leccino y Puntino, con árboles de alta y baja carga frutal. Con la formación del domo, se podría decir que las yemas se encuentran en la iniciación floral, lo que de acuerdo a Rallo (1994), se aprecia entre mediados octubre y noviembre en el hemisferio norte, siendo en el hemisferio sur, entre mediados de abril y mayo.

Dos Santos Ramos (2000, citado por Rallo y Cuevas, 2008), concluyó que existirían diferencias de desarrollo entre árboles con alta carga y baja carga frutal; sólo las yemas de los árboles en carga crecerían durante el otoño, mientras que las yemas de los árboles con baja carga frutal se encontrarían en una endolancia o reposo, es decir, factores endógenos que impiden que la estructura pueda diferenciarse, aunque las condiciones ambientales sean favorables. Estas yemas requerirían de una fase de acumulación de horas fresco para iniciar su brotación, por lo que posteriormente entrarían en un período de latencia o dormancia (Rallo, 1994; Rallo y Cuevas, 2008). El mismo autor considera las yemas de los árboles en carga como yemas vegetativas, debido a que la inducción sería inhibida por la alta cosecha que se obtendrá en la presente temporada.

En la Figura 6 se puede observar que el ápice ya se encontraría en el estado B de desarrollo. El resultado de la formación del domo, sería principalmente de divisiones mitóticas anticlinales que ocurren en el meristema apical, las que continuarían posterior a la dormancia (Kitsaki *et al.*, 2010). Sin embargo, la formación de éste no indica claramente que conlleve a la diferenciación floral, ya que también yemas vegetativas presentan esta condición. En estudios realizados por Fabbri y Alerci (1999a; 1999b), las yemas vegetativas de julio (correspondiente el mes de enero en el hemisferio sur), presentan un ápice en forma de domo, con células en la zona central del ápice muy denso, al igual que las yemas reproductivas. De acuerdo a los mismos autores, en el mes de mayo, las yemas vegetativas ya se encontrarían más desarrolladas, con una forma más trapezoidal. Sin embargo, estas características no pudieron apreciarse en ninguno de los cortes vistos a partir de febrero.

Durante el mes de julio, el domo se aprecia de la misma forma que la muestra del mes de mayo (Figura 7), sin cambios visibles. En estudios realizados por Pinney y Polito (1990) y Reale *et al.* (2009) a pesar de no observar una diferenciación aparente de la yema floral, encontraron mayor contenido de RNA en la zona central del meristema, que va en aumento desde principios de otoño, hasta la salida del reposo, al igual que el contenido de almidón presente en la yema floral, lo que se asocia a la acumulación de horas fresco que presentan las yemas que van a diferenciarse a flor (De La Rosa *et al.* 2000, Andreini *et al.* 2008; Reale *et al.* 2009). Dicha acumulación, seguido de un período con temperaturas más elevadas induciría a la brotación de las yemas (Camacho, 1995). La acumulación de horas fresco se realizaría hasta la hinchazón de las yemas florales, siendo el mes de septiembre el último mes de requerimiento de bajas temperaturas, por lo que posteriormente, la diferenciación floral sería ayudada por temperaturas más elevadas (Mormeneo, 2008).

Temperaturas entre 14-19° C se consideran óptimas para una buena diferenciación (Malik y Bradford, 2009).

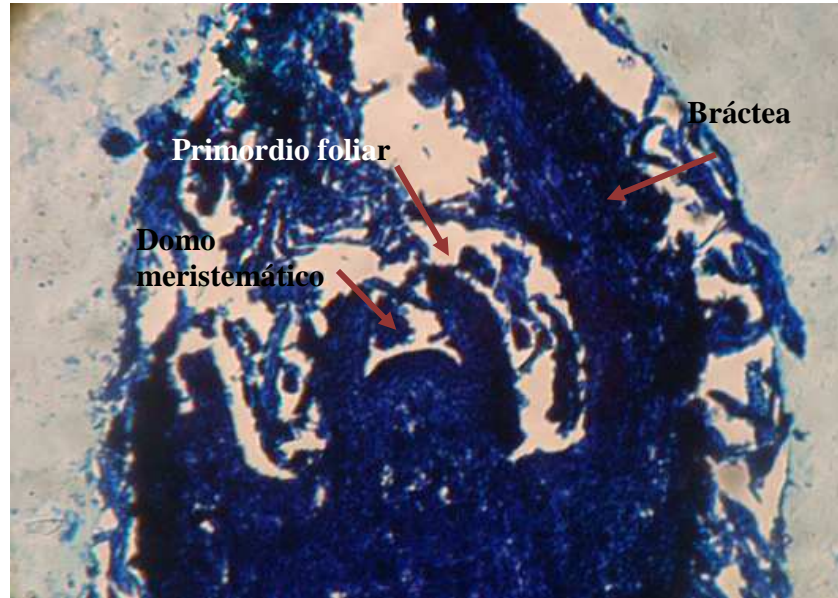


Figura 5. Yema del 19 de mayo de “Arbequina” del sector 2. A diferencia de la figura anterior, la formación del domo es mucho más notoria.

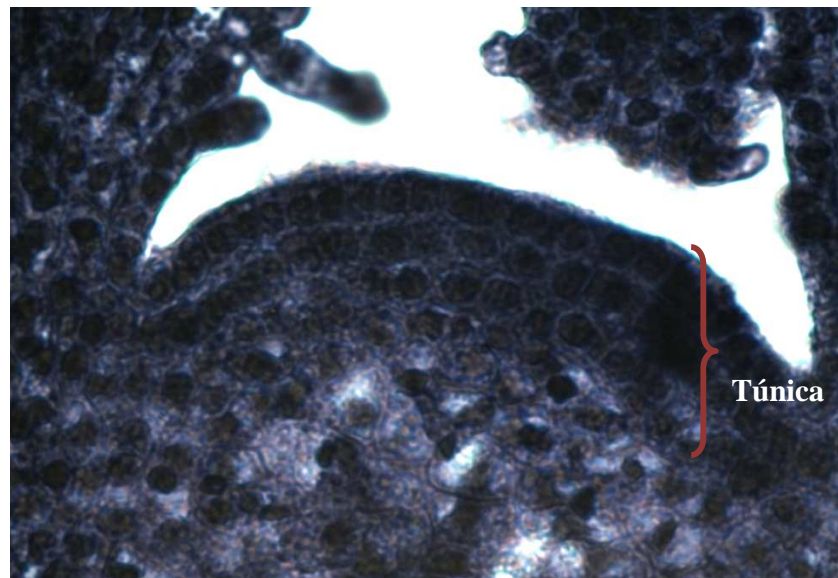


Figura 6. Aproximación de la muestra anterior, con un lente objetivo de 40x. Es posible distinguir en el domo, las tres capas de células que conforman la túnica bien diferenciada.

Debido a que durante los primeros días de agosto, las temperaturas no variaron mucho con respecto al mes de julio, no se lograron apreciar grandes cambios en el desarrollo de las yemas florales (Figura 8). Fabbri y Alerci (1999a) y Kitsaki *et al.*, (2010) encontraron un mayor desarrollo de las yemas desde los primeros días de febrero (cuyo mes análogo en el hemisferio sur corresponde al mes de agosto), con la aparición de meristemas axilares que para este estudio no se lograron apreciar para esa fecha, lo que indicaría los contrastes que pueden existir entre un hemisferio y otro, siendo probablemente el clima el factor principal de las diferencias. A simple vista, sólo es posible observar que el domo se encontraba de una forma ligeramente más trapezoidal, lo que de acuerdo a la clasificación hecha por Castillo y Rapoport (2003), la yema estaría en el estado C de desarrollo.

Las muestras obtenidas el 20 de agosto (Figura 9), no mostraron mayor desarrollo del meristema apical, con respecto a la primera muestra del mismo mes. Se presentaron meristemas axilares que están desarrollándose, coincidiendo con los estudios realizados en la misma fecha por Kitsaki *et al.* (2010). Para el caso de Contreras (2008), no pudo observar signos de diferenciación floral en la última fecha de estudio, hecha el 22 de agosto, sólo se mostró una estructura trapezoidal que coincide con las muestras obtenidas del 6 de agosto de este estudio. Las muestras de finales de agosto estarían en el estado D de desarrollo, ya que ya se apreció un desarrollo de los meristemas axilares. Estos resultados indicarían la alta variabilidad que existe entre un año y otro en el inicio de la diferenciación floral para un mismo huerto.

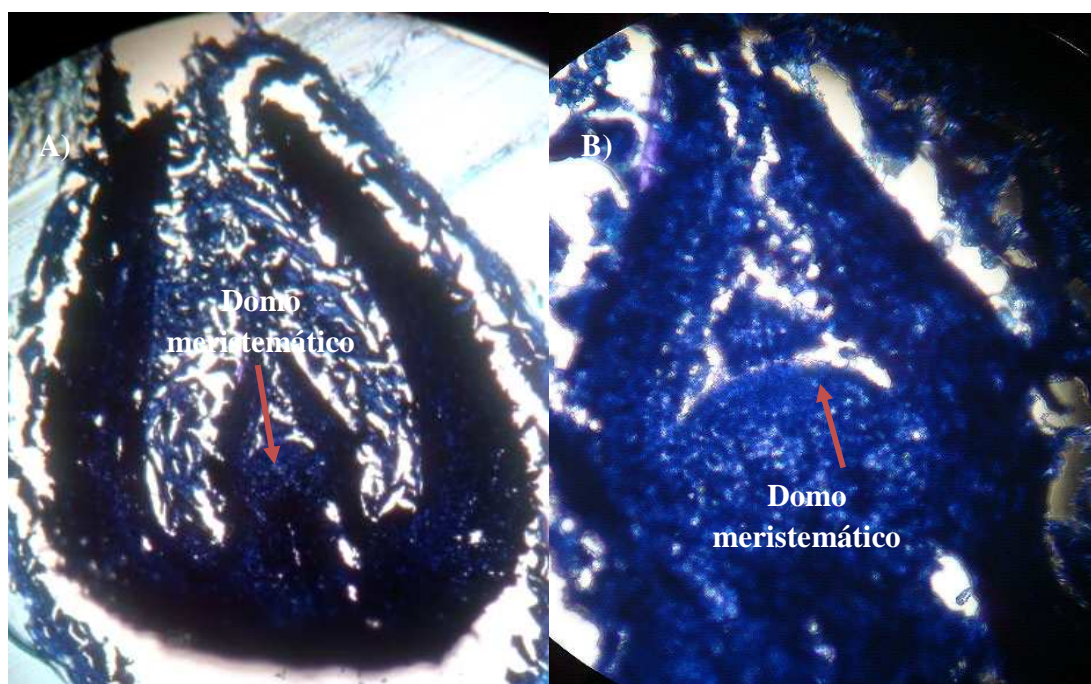


Figura 7. Muestra de yema del 8 de Julio de “Arbequina” del sector 1. No hay cambios aparentes con respecto al mes de mayo. A) Muestra con lente objetivo 10X. B) Muestra con lente objetivo 40X.

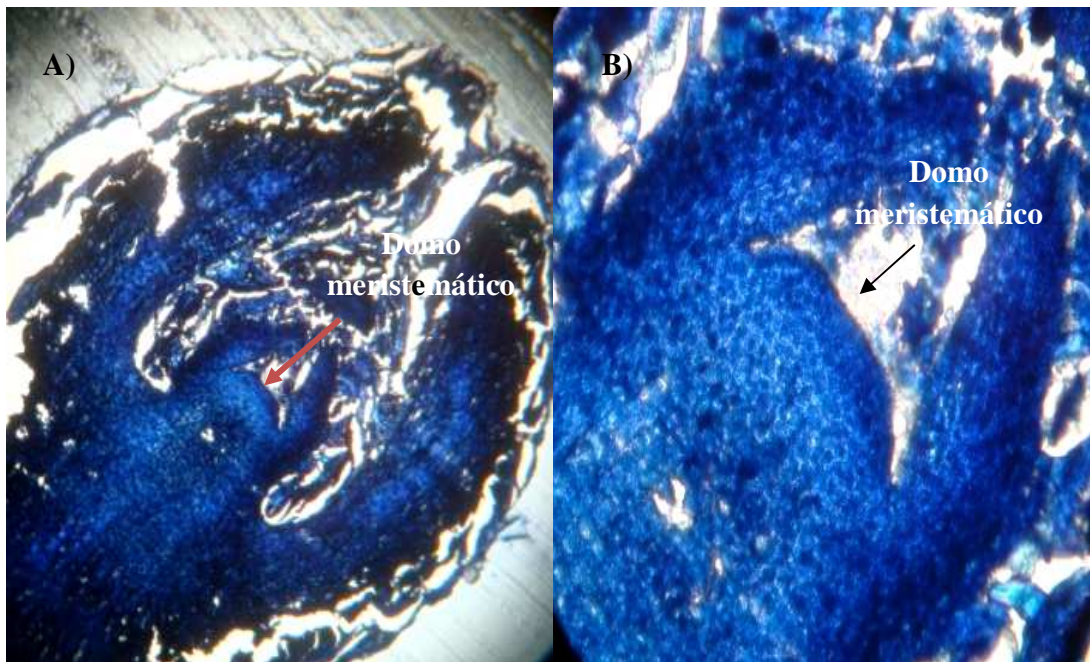


Figura 8. Muestra de yema del 6 de agosto de “Arbequina” del sector 1. Sólo es posible observar una estructura trapezoidal del domo meristemático. A) Muestra con lente objetivo 10X. B) Muestra con lente objetivo 40X.

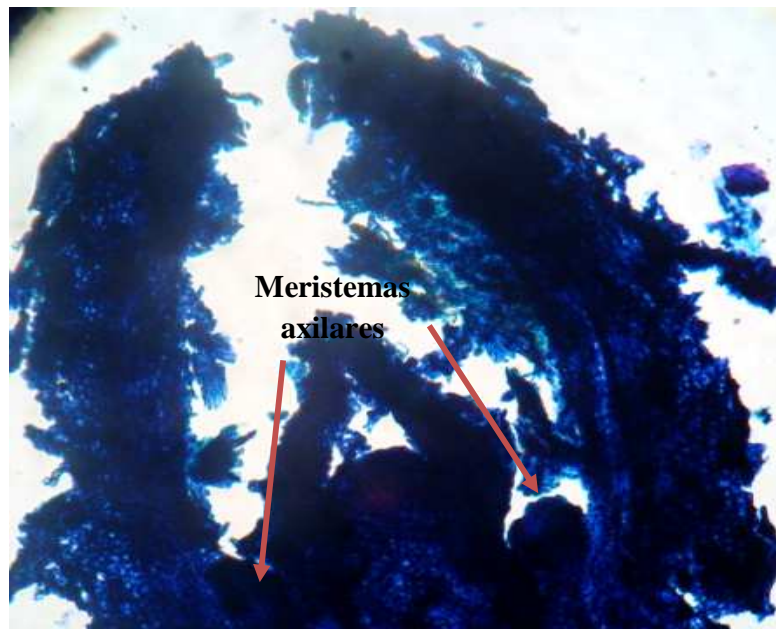


Figura 9. Corte histológico de yema del 20 de agosto de “Arbequina” del sector 2. No hay desarrollo aparente del ápice meristemático pero si hay presencia de meristemas axilares, a diferencia del corte anterior.

Los primeros signos evidentes de diferenciación de la flor se apreciarían a partir del mes de agosto (Kitsaki *et al.*, 2010), cuando secciones longitudinales del ápice meristemático muestran un ensanchamiento de éste, a una masa más o menos cónica, con los primordios de sépalos saliendo como pequeñas protuberancias en los extremos del cono meristemático (Hartman, 1951, Cuevas *et al.* 1999). En concordancia a la literatura, esto varía de localidad en localidad, y región en región, por lo que el comienzo de la diferenciación no tendría una fecha exacta. Para el caso de este estudio, el inicio de la diferenciación se vió a mediados de septiembre (22 del mes), aunque la muestra anterior (7 del mes), ya tenía claros indicios de diferenciación, para ambas cargas de “Arbequina”. Sólo se apreciaron ligeras diferencias de desarrollo las protuberancias y de los meristemas axilares entre ambas cargas y también entre las yemas de una misma carga.

Las muestras del 7 de septiembre (Figura 10 y 11), indicaron que el ápice meristemático tuvo mayor actividad mitótica, al igual que los meristemas axilares que claramente tenían un mayor desarrollo que la muestra anterior. Por otro lado, se presentaron variaciones entre el estado de desarrollo de las yemas de una misma ramilla; las yemas extraídas más cerca de la punta de la ramilla inician su diferenciación primero, por encontrarse más cerca del ápice. Chouza y Gravina (2010), en citrus, indican que las yemas con más edad son más difíciles de inducir, las cuales se encontrarían en la base de una ramilla, dando mayor proporción de brotes reproductivos las yemas más jóvenes. Esto puede corroborarse en la Figura 10, donde al lado derecho se puede observar un ápice más desarrollado, con 3 pequeñas protuberancias, siendo la central la más grande. Las tres protuberancias darán origen a futuras flores.

El orden del desarrollo floral del olivo sigue el mismo patrón que otras especies frutales: posterior a la iniciación de los sépalos, aparecen los primordios de los pétalos, seguido de los estambres y finalmente el gineceo (Hartmann, 1951; Ramirez, 2001). En “Arbequina” de alta carga frutal, aunque aún no se vió claramente que hay presencia de desarrollo de primordios de sépalos, si pudo apreciarse que el meristema apical estaba cambiando de una forma cónica, a una forma más entubada, dando el espacio necesario para que los primordios de los sépalos se pudiesen desarrollar junto al de otros meristemas laterales que darán origen a flores, como se observa en la Figura 10, donde en el meristema apical, hay un tono más intenso que indicaría una mayor actividad mitótica, por tener un citoplasma más denso.

Las yemas provenientes de “Arbequina” de baja carga frutal (Figura 11) presentaban leves señales de estructuración del ápice, con la aparición de pequeñas protuberancias que diferenciarán a sépalos. Estas muestras presentaron un menor desarrollo que las muestras de “Arbequina” en alta carga. Estas diferencias no concuerdan con otros estudios histológicos realizados en olivo, en donde no encontraron diferencias entre yemas de los árboles de alta y baja carga (Pinney y Polito 1990; Cuevas *et al.*, 1999; Lavee *et al.* 1999; Andreini *et al.*, 2008). Las yemas de los árboles de alta carga, concuerdan con los estudios hechos por Andreini *et al.* (2008), en donde se apreció para las yemas de los árboles en alta y baja carga, tres protuberancias en el ápice en activo crecimiento, donde la protuberancia central fue la más grande. Sin embargo, las yemas de los árboles con baja carga,

presentaron un menor desarrollo. Ninguno de los cortes de las yemas en alta y baja carga, coinciden con las investigaciones realizadas por Kitsaki *et al.* (2010), ya que en la primera semana de marzo (cuyo mes análogo es el mes de septiembre), aún el meristema apical presentaría su ápice achatado, mientras que en las muestras de este estudio presentan una condición mucho más avanzada.

Las muestras del 22 de septiembre presentaron diferenciación para ambas cargas de “Arbequina” (Figuras 12), visualizando pequeñas diferencias entre ambas. También entre yemas de la misma carga se observaron estas diferencias.

“Arbequina” en alta carga mostró un mayor desarrollo de diferenciación con respecto a la otra carga; hubo un desarrollo avanzado de sépalos, con pequeñas protuberancias en su interior que darán origen a pétalos y presentó también meristemas axilares que darán origen a flores del ramillete, mientras que en las muestras en baja carga, aún no existió desarrollo de sépalos, sólo pequeñas protuberancias que darán origen a ellos (Figura 13). Hay que considerar que el olivo desarrolla inflorescencias con 10 a 40 flores cada una (Reale *et al.*, 2009), por lo que es normal que el meristema apical tenga meristemas axilares que también estén desarrollando flores. Los meristemas axilares que se encuentran abajo del meristema principal también presentaron mayor desarrollo en las muestras de alta carga.

Las yemas correspondientes al 18 de octubre mostraron que estaban bien diferenciadas, presentando una flor comprimida en su interior, como se puede observar en la Figura 14. En la imagen se observa una flor hermafrodita y es posible distinguir claramente el estilo y el estigma junto con los sépalos y pétalos, mientras que en los estambres es posible ver con detenimiento las 2 anteras presentes, que contienen el polen necesario para la fecundación.

Las temperaturas altas que hubo entre los meses de septiembre y octubre, permitieron el rápido desarrollo de los sépalos y pétalos y el posterior desarrollo de anteras y gineceo. La formación del gineceo fue lo último que se diferenció, por lo que al término de su desarrollo ocurriría la apertura floral (Cortés, 1980; Ramirez, 2001). Para el caso de este estudio, ésta comenzó a partir del 25 de octubre.

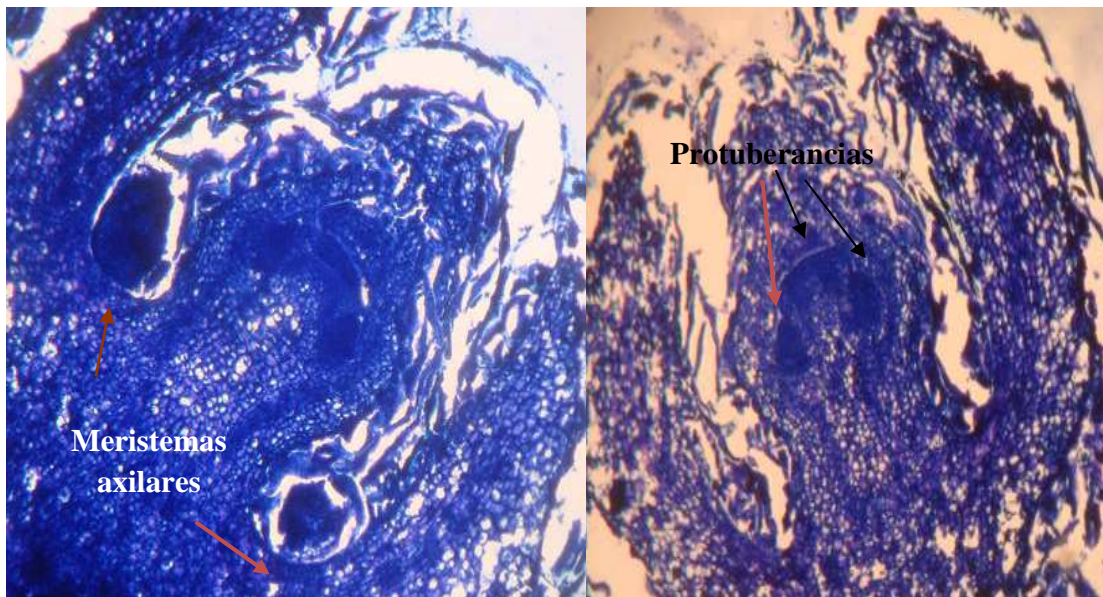


Figura 10. Cortes del 7 de septiembre de “Arbequina” del sector 1. Se puede observar el comienzo del desarrollo de primordios de sépalos ubicados a los lados del ápice meristemático, junto con mayor desarrollo de los meristemas axilares.

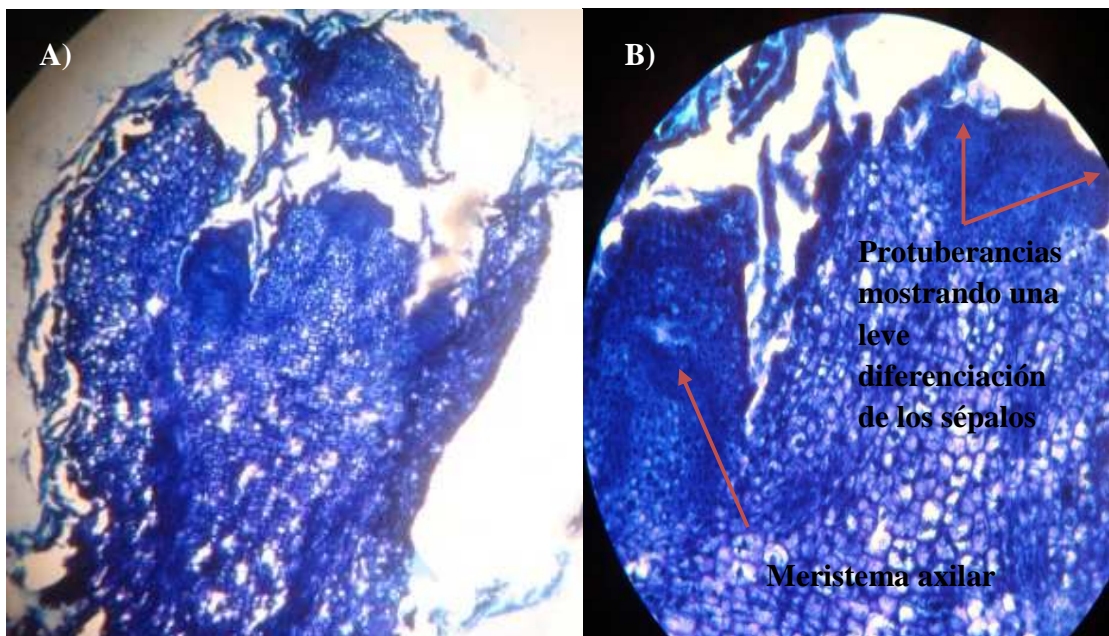


Figura 11. Corte del 7 de Septiembre de “Arbequina” del sector 2. Se puede apreciar un menor desarrollo del meristema apical a diferencia de “Arbequina” del sector 1. A) Muestra con lente objetivo 10X. B) Muestra con lente objetivo 40X.

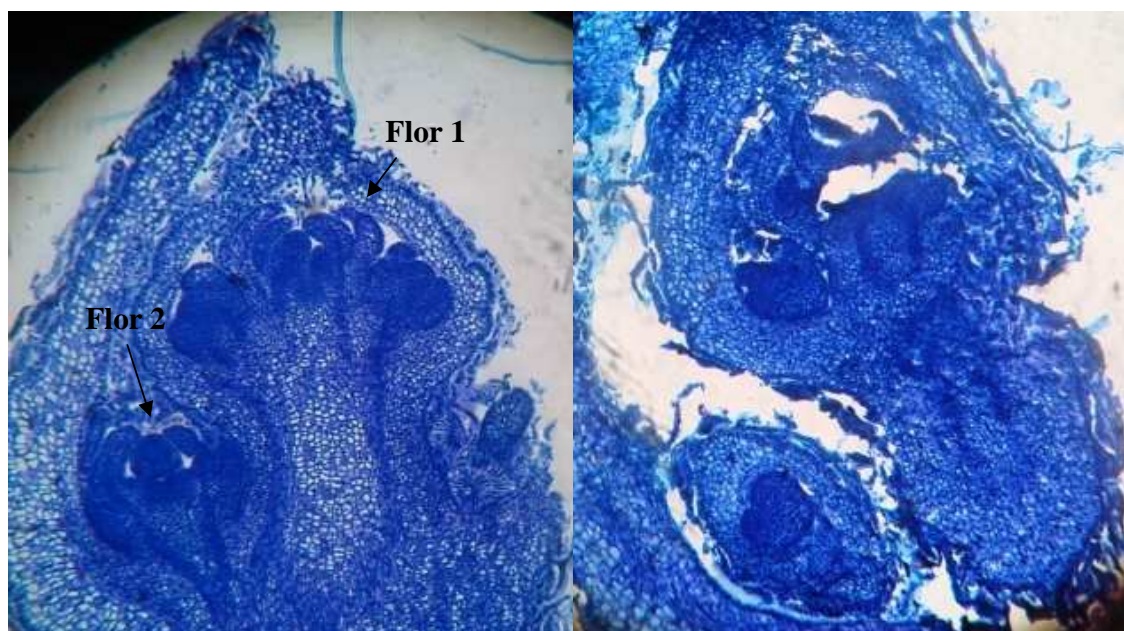


Figura 12. Muestras del 22 de Sept. de “Arbequina” del sector 1 y sector 2 (derecha). El mayor desarrollo se aprecia en la yema del sector 1, donde en la inflorescencia ya existe un claro desarrollo de sépalos y el comienzo del desarrollo de pétalos, a diferencia del sector 2.

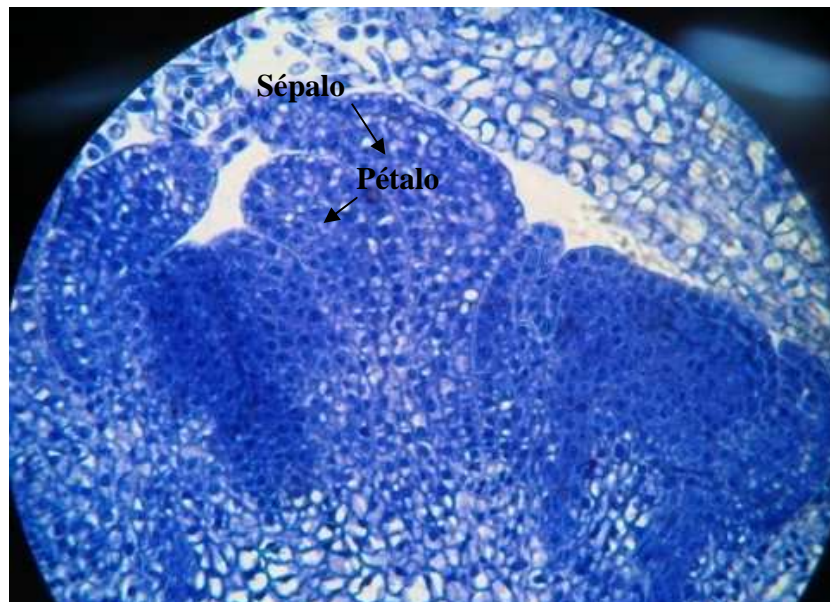


Figura 13. Muestra de “Arbequina” del sector 1, del 22 de Sept., con un lente objetivo de 40x. Al lado izquierdo se ve el meristema principal, con un claro desarrollo de sépalos, mientras que al lado derecho se aprecia un meristema axilar con protuberancias que posteriormente darán origen a sépalos, como se aprecia en la imagen.

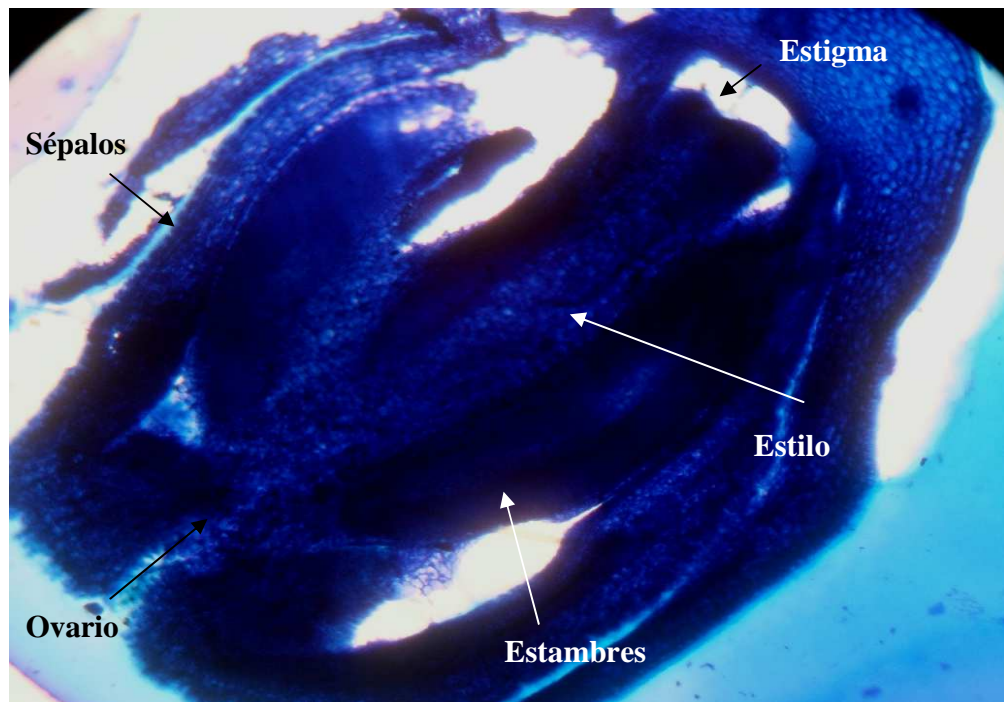


Figura 14. Corte histológico transversal de una yema del sector 2 del 18 de octubre, apreciándose las diferentes partes de una flor.

Producción

Para evidenciar si un árbol se encontraba en alta o baja carga frutal, se determinó la producción en ambas temporadas, definida en kilogramos de fruta cosechada por árbol (Figura 10 y 11). Para una mayor caracterización de las plantas, en la temporada 2010-2011 también se determinó la eficiencia productiva, expresado en kg fruta/cm^2 ASTT (área sección transversal de tronco) (Figura 11), y la carga frutal, en N° frutos/ cm^2 ASTT (Figura 12).

Productividad

La cosecha de la temporada 2009-2010 fue realizada en el mismo período de la cosecha comercial, a diferencia de la temporada 2010-2011 que fue realizada dos semanas antes de la recolección comercial de la fruta en el fundo. La Figura 15 muestra la producción por árbol en las dos cargas de “Arbequina” durante ambas temporadas.

Durante la temporada 2009-2010, se presentó una menor producción promedio para ambas cargas de “Arbequina” en comparación a la temporada siguiente; los árboles que se encontraban con alta carga, tuvieron un promedio de 20,3 kg/árbol, mientras que los árboles que se encontraban con baja carga, obtuvieron un promedio de 4,25 kg/árbol. Para la temporada 2010-2011, los árboles que se encontraban con alta carga durante la temporada anterior, mantuvieron su tendencia a la alta producción, teniendo como promedio 25,24 kg/árbol, mientras que los árboles que se encontraban con baja carga, presentaron también una alta producción a la temporada siguiente, con un promedio de 15,11 kg/árbol. La producción promedio de los árboles de baja carga en ambas temporadas es ligeramente superior a un estudio realizado por Sudzuki (2006), en el mismo predio y cultivar, cuya productividad fue de 15,6 kg/árbol, y Ramirez (2007), cuyo promedio de producción fue de 11 kg/árbol y 5 kg/ha, para árboles de alto y bajo vigor respectivamente. Por otro lado, en el ensayo realizado por Contreras (2008), durante dos temporadas consecutivas (temporada 2006 y 2007), se apreciaron grandes diferencias significativas de producción, en torno a los 10 kilogramos, similar a lo que ocurrió en los árboles que se encontraban con baja carga durante la temporada 2009-2010. Cabe mencionar que ambos estudios fueron realizados en las hileras cercanas a la estación meteorológica, lo que infiere claramente que existe una marcada alternancia productiva.

Aunque “Arbequina” no se caracteriza por presentar añerismo, de acuerdo a la literatura estudiada, entre ellos, estudios realizados por Tapia *et al.* (2009) y Tapia *et al.* (2010), en el país, localidad de Huasco, los datos obtenidos en este estudio infieren una alternancia productiva.

A pesar de que el añerismo se caracteriza normalmente por tener una producción alternada, es decir, un año de baja producción y al siguiente un año con alta producción, no

necesariamente debe seguir esta tendencia. Según Fichet², es posible que esto no ocurra, y puedan existir dos años de alta producción y luego se produzca una baja producción, incluso puede variar entre un árbol y otro. Esto se puede apreciar en los árboles 1,2 y 3 que tuvieron dos años consecutivos de buena producción (ver Apéndice I), con un rendimiento promedio por temporada de 20,3 y 25,3 kg/ha respectivamente. Estos resultados son muy superiores a todos los datos de producción de este cultivar vistos en la literatura en nuestro país, aunque en ensayos realizados en Andalucía, España, se encontró que la producción promedio es de 31,1 kg/árbol, muy superior a lo visto en este estudio (RAEA, 2005).

La variabilidad de producción que existe entre un año y otro es principalmente por la cantidad de fruta presente en los árboles de la temporada. De hecho, estudios hechos por Lavee *et al.* (1986), Fernández-Escobar *et al.* (1992) y Dag *et al.* (2010), indican que la remoción de fruta de 42 hasta 120 días después de floración, incrementarían la floración al año siguiente. Aunque de acuerdo a Fernández-Escobar *et al.* (1992) y Lavee (2007), serían las giberelinas (GAs) las causantes de la inhibición de la inducción floral. Por otra parte, Al-Shdiefat y Qrunfleh (2008), demostraron en su estudio, que las GAs no serían las causantes de ella, debido a que estarían en las mismas concentraciones tanto en los árboles con alta carga como los árboles con baja carga. Las condiciones climáticas también pueden ser los causantes de la alternancia; regiones con heladas en primavera, lluvias torrenciales, veranos secos o falta de frío invernal ayudarían a promover la alternancia (Lavee, 2007). Es importante realizar manejos que ayuden a disminuir el añerismo, como puede ser la poda (Callejas y Reginato (2002), el riego deficitario controlado (Ferreira *et al.*, 2001, Beltrán *et al.*, 2008), un raleo de frutos, entre otros, ya que las características químicas del aceite varían principalmente por el nivel de producción del árbol, además de condiciones edafoclimáticas y el grado de maduración del fruto (Ibacache *et al.*, 2008).

Eficiencia productiva y carga frutal

Para las temporadas 2009-2010 y 2010-2011 se midió la eficiencia productiva en kg fruta/cm² ASTT (Área Sección Transversal de Tronco) (Cuadro 2) y la carga frutal, en N° frutos/cm² ASTT (Cuadro 3).

Los índices más altos de eficiencia productiva expresada en kg fruta/cm² ASTT (Cuadro 2), se observaron en la temporada 2010-2011 para ambos sectores, con 0,2364 kg fruta/cm² ASTT para el promedio de los árboles del sector 1 y 0,1463 kg fruta/cm² ASTT para los árboles del sector 2. Estos índices difieren bastante entre una temporada y otra para los árboles del sector 2, los que tuvieron un índice de 0,0424 kg fruta/cm² ASTT en la temporada 2009-2010; claramente en ellos hay una alternancia muy marcada, a diferencia de los árboles del sector 1, que en la temporada anterior éstos tuvieron un índice promedio de 0,1923, levemente inferior a la temporada 2010-2011. Para el caso de Contreras (2008),

² Thomas Fichet. 2011. Ingeniero Agrónomo Dr., Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. (Comunicación Personal). tfichet@uchile.cl

el índice de eficiencia productiva para la temporada 2006-2007 en el tratamiento testigo fue de 0,377 kg fruta/cm² ASTT, bastante superiores a los resultados obtenidos en este estudio, mientras que Sudzuki (2006) obtuvo un índice de 0,218 kg fruta/cm² ASTT, similar a los resultados obtenidos para la temporada 2010-2011 con los árboles del sector 1. Estos resultados indicarían una alta variabilidad de producción que pueden presentar los árboles de un mismo huerto entre una temporada y otra.

En cuanto a la carga frutal medida en número de frutos/cm² ASTT, para la temporada 2011 (Figura 13), el índice más alto es para los árboles del sector 1, con 169,5 N° frutos/cm² ASTT, mientras que para los árboles en del sector 2 fue de 134,9 N° frutos/cm² ASTT; esta diferencia ya se apreció con los resultados obtenidos en productividad y eficiencia productiva para ambas cargas frutales. Sudzuki (2006) en sus resultados de carga frutal, obtuvo un índice de 150,6 N° frutos/cm² ASTT, ligeramente inferior a los índices obtenidos por Contreras (2008), indicando también la alta variabilidad de la carga frutal. A pesar de que “Arbequina” tiene una buena eficiencia productiva, Sudzuki (2006), encontró que no es de los cultivares más productivos, siendo Coratina el que obtiene los rendimientos más altos (27,5 kg/árbol), rendimiento levemente superior a los obtenidos para los árboles en alta carga de “Arbequina” para la temporada 2011.

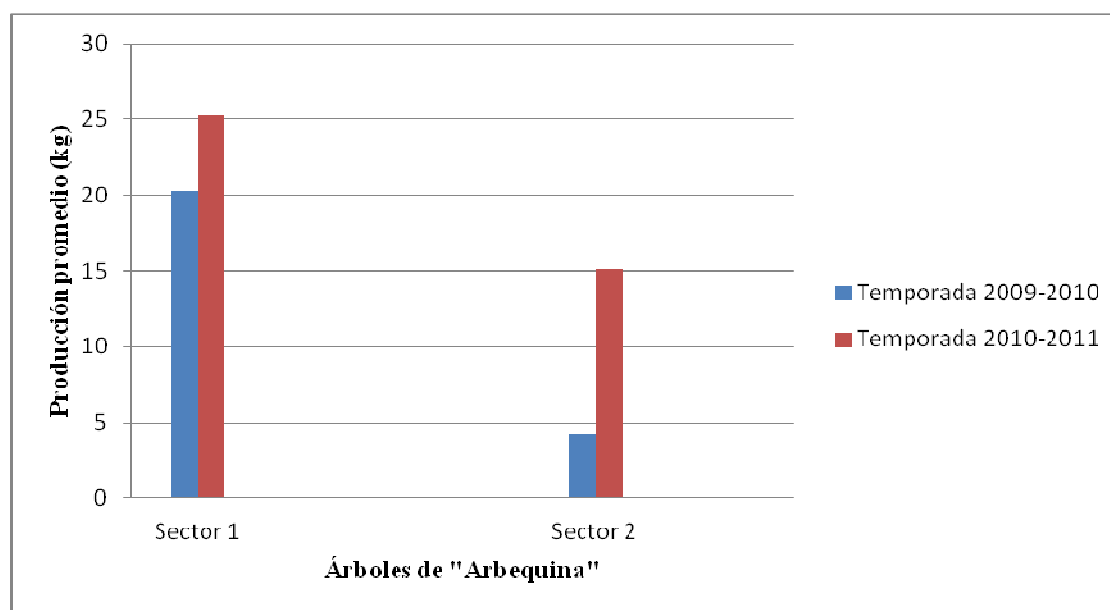


Figura 15. Producción promedio entre las distintas cargas de “Arbequina”.

Árbol		Ef. productiva (kg fruta/cm ² ASTT) 2009-2010	Ef. productiva (kg fruta/cm ² ASTT) 2010-2011	Promedio 2009-2010	Promedio 2010-2011
Sector 1	1	0,195	0,252	0,192	0,236
	2	0,212	0,231		
	3	0,169	0,227		
Sector 2	4	0,03	0,143	0,042	0,146
	5	0,054	0,15		

Cuadro 2. Eficiencia productiva (kg fruta/cm² ASTT) entre ambas cargas de “Arbequina” en las dos temporadas en estudio

Árbol		Número de frutos/árbol	ASTT	Nº frutos/ cm ² ASTT	Promedio
Sector 1	1	17882	107,23	166,75	169,5
	2	13988	92,038	151,97	
	3	22994	121,09	189,87	
Sector 2	4	16755	114,96	145,73	134,9
	5	11433	92,038	124,22	

Cuadro 3. Carga frutal (Nº frutos/cm² ASTT) según sector, para la temporada 2010-2011

Días grado y fenología

Para evaluar los estados fenológicos del olivo, se utilizó la escala BBCH (Meier, 2001; Sanz *et al.*, 2002), la que se encuentra definida para muchos frutales, entre ellos el olivo, pero no ha sido ampliamente utilizada, siendo mayormente manejada la escala de Andrés (Sanz *et al.*, 2002). Esta escala es mucho más detallada y se pueden caracterizar con mayor precisión los estados fenológicos. Los estados fenológicos se pueden apreciar en la figura 19, donde se aprecian los cambios de la yema, desde el 6 de agosto hasta el 18 de octubre; entre el 6 de agosto y el 20 de agosto, no se observaron diferencias fenológicas, manteniéndose la yema cerrada y puntiaguda, conocido también como yema de invierno (Mejías *et al.* s.a.). El 7 de septiembre se da inicio a la brotación y el 22 de septiembre ya puede apreciarse el ramillete expuesto; Sudzuki (2006), también observó este último estado fenológico el 24 de septiembre, demostrando la similitud de fechas entre un año y otro para el mismo estado fenológico. En la última fecha de evaluación, 18 de octubre, ya se observó la corola y el cáliz, indicando una pronta floración, la que finalmente ocurre el 25 de octubre. No se observaron diferencias entre ambas cargas de “Arbequina”.

Es importante referirse al clima en donde se realizó este estudio. Melipilla se caracteriza por un período libre de heladas de 10 meses aproximadamente, de septiembre a junio, con una media anual de 18,9° C y una mínima de 8,5°C (Municipalidad de Melipilla, s.a); registra anualmente 1621 DG (T° umbral 10° C) acumulados desde el mes de septiembre a febrero (Santibañez y Uribe, 1990). Las temperaturas medias máximas y mínimas desde la brotación del año 2009, hasta la cosecha de la temporada 2011 pueden observarse en la Figura 17. Se tomó como fecha de inicio la brotación del año 2009 para calcular los DG acumulados desde la brotación hasta la cosecha 2010 y posteriormente compararlos con la brotación y cosecha de la temporada 2011. La temperatura más alta durante todo ese período fue de 31,26 °C, correspondiente al mes de febrero, mientras que la temperatura mínima más baja es del mes de junio, de la misma temporada (2010), con 2,06° C. Para el año 2010, la temperatura anual promedio fue de 22, 4° C y la temperatura mínima fue de 5,2°C, siendo la temperatura anual levemente superior a lo normal de la localidad y la mínima más baja.

Para la expresión floral, es necesario que las yemas reciban frío, con temperaturas bajo 7°C para la salida del reposo de yemas ya inducidas; de acuerdo a Rallo y Martin (1991, citado por Ramirez, 2001). Sin embargo, la fluctuación de temperatura es más importante (Gil, 2000); Hackett y Hartmann (1967, citado por Fabbri y Benelli, 2000), plantearon que el rango de temperaturas efectivas para una óptima floración es entre los 7 y 16°C. Hartmann y Whisler (1975, citado por Ramírez 2001), constataron que las temperaturas fluctuantes entre 2°C y 15°C por 75 días, inducen la floración, pero si son constantes a 7 o 16°C, apenas se aprecian flores. En ensayos hechos en Córdoba, España, con el cultivar “Arbequina”, en tratamientos de frío (8 semanas de 8 a 12 °C), seguidos de temperaturas de 20-22°C, inducirían la brotación de las yemas (Rallo y Cuevas, 2008). Temperaturas mínimas entre 2-4° C, no provocarían problemas en el desarrollo de flores, de acuerdo a Malik y Bradford (2009). En este estudio, entre los meses de junio y julio (ver Apéndice

II), las temperaturas fluctuaron entre los 15 y 2 ° C, mientras que en los meses de agosto y septiembre, las temperaturas máximas oscilan entre los 17 y 23°C y las mínimas se encontraban entre los 2 y 3 ° C, siendo esta oscilación óptima para una buena floración, de acuerdo a la literatura.

Para un buen cuajado de frutos, es importante que las temperaturas no sean muy altas; sobre los 30° C, provocarían una baja cuaja (Ahmed *et al.*, 2004; del Campo, 2009). Para este estudio, las temperaturas fueron adecuadas con temperaturas que no fueron más allá de los 24°C.

Para el cálculo de los DG, se utilizaron los siguientes umbrales de temperaturas: 10° y 12,5°C debido a que en la literatura estudiada se encontró que se utilizan ambas temperaturas como umbral. En el cuadro 5 y 6, se pueden observar los DG acumulados para cada estado fenológico observado durante el estudio, con 10° y 12,5° C, respectivamente y en la figura 20, se aprecian los DG acumulados con ambas temperaturas umbrales, los estados fenológicos y cortes histológicos realizados en el estudio. Se tomó como fecha de inicio el 6 de agosto, momento en que las yemas aún permanecen cerradas y como fecha de término el 25 de octubre, tiempo en que ocurrió la floración.

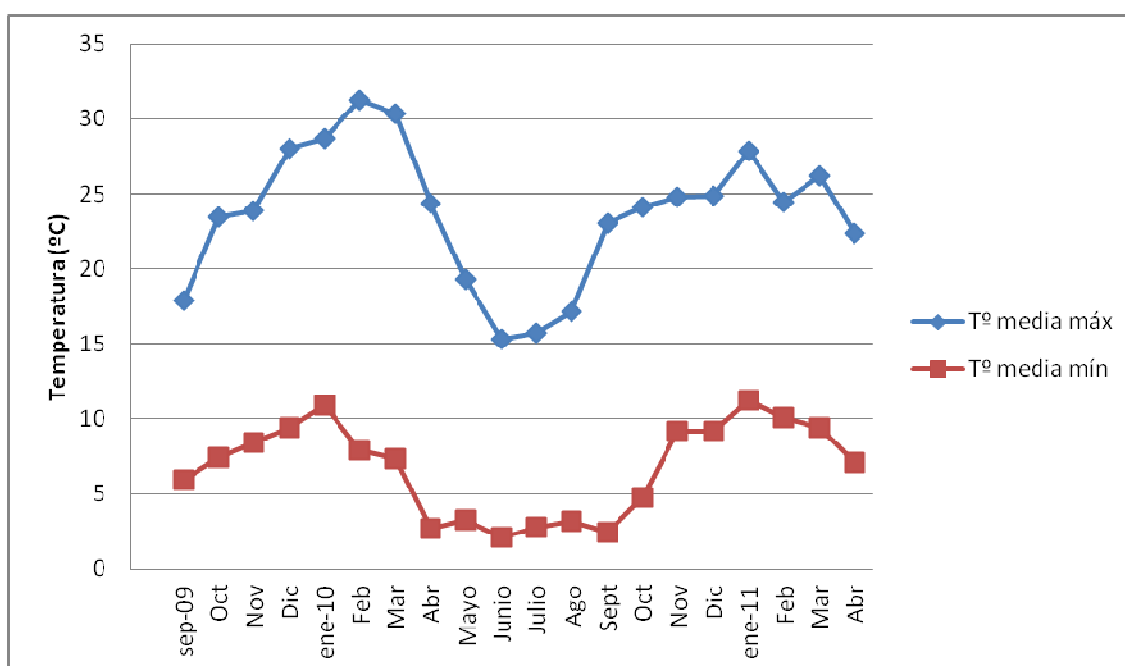


Figura 17. Temperaturas máximas y mínimas desde el 1° de septiembre del 2009 al 30 abril de la temporada 2011.

	Fechas				
	06-ago	07-sep	22-sep	18-oct	25-oct
Estado Fenológico	5(50)	5 (50-51)	5 (53-54)	5(57)	6(60-61)
Dg Acumulado T° 12,5	0	8,3	20	58,3	86,3

Cuadro 5. Días grado acumulado con temperatura umbral de 12,5°

	Fechas				
	06-ago	07-sep	22-sep	18-oct	25-oct
Estado Fenológico	5(50)	5 (50-51)	5 (53-54)	5(57)	6(60)
Dg Acumulado T° 10	0	28,6	70,1	170,3	215,2

Cuadro 6. Días grado acumulado con temperatura umbral de 10°C

Se pueden apreciar las grandes diferencias que existen entre ocupar una u otra temperatura umbral. En una investigación realizada por Ibacache (2009), en la IV región, indicó que la cantidad de DG acumulados para el cultivar “Arbequina” entre brotación y floración es de 160 DG, mientras que desde floración a madurez, sería de 1065,9 DG, con una temperatura umbral de 12,5°C, siendo el total de DG acumulados entre brotación y cosecha de 1225,9 DG. La acumulación de DG varía de ciudad en ciudad; para el Valle de Azapa, existe una acumulación térmica de 2877, mientras que para la zona de Rancagua, es de 1331 DG, entre los meses de septiembre a junio (Tapia *et al.*, 2003), lo que sería de brotación a madurez. En este estudio, cuya brotación de la temporada 2010 fue el 7 de septiembre, se acumuló un total de 186,6 DG y 78,3 DG entre brotación y floración con una temperatura umbral de 10° y 12,5°C respectivamente y desde brotación a cosecha 1555,85 DG con temperatura umbral de 10° C, y 952,65 DG con una temperatura umbral de 12,5°C (ver Cuadro 7), demostrando las diferencias de acumulación térmica que pueden existir entre una región y otra. Sin embargo, comparando entre una temporada y otra, las diferencias son ligeras, aunque esto puede deberse a que la cosecha de la temporada 2011 fue un mes antes de la cosecha comercial, acumulándose mayor temperatura.

En los estudios realizados por Sudzuki (2006), para diferentes cultivares de olivo, en la localidad de Melipilla, se apreció una acumulación térmica de 1531,8 Dg, con una

temperatura umbral de 10°C, entre ramillete expuesto y la cosecha del estudio, ligeramente inferior a lo visto en este estudio.

Cuadro 7. Comparación Dg acumulados entre ambas temporadas, desde la brotación hasta la cosecha

	10°C	12,5°C
10 Septiembre/19 Mayo	1552,2 Dg	952,65 Dg
7 Septiembre/21 Abril	1555,85 Dg	1000,95 Dg



Figura 18. Estados fenológicos del olivo (ver anexo II). 1) Yemas florales cerradas y puntiagudas, sin pedúnculo. 2) Yemas florales comienzan a hincharse y se separan de la base mediante un pedúnculo. 3) Los brazos del racimo floral comienzan a alargarse. 4) La corola, de color verde, es mayor que el cáliz.

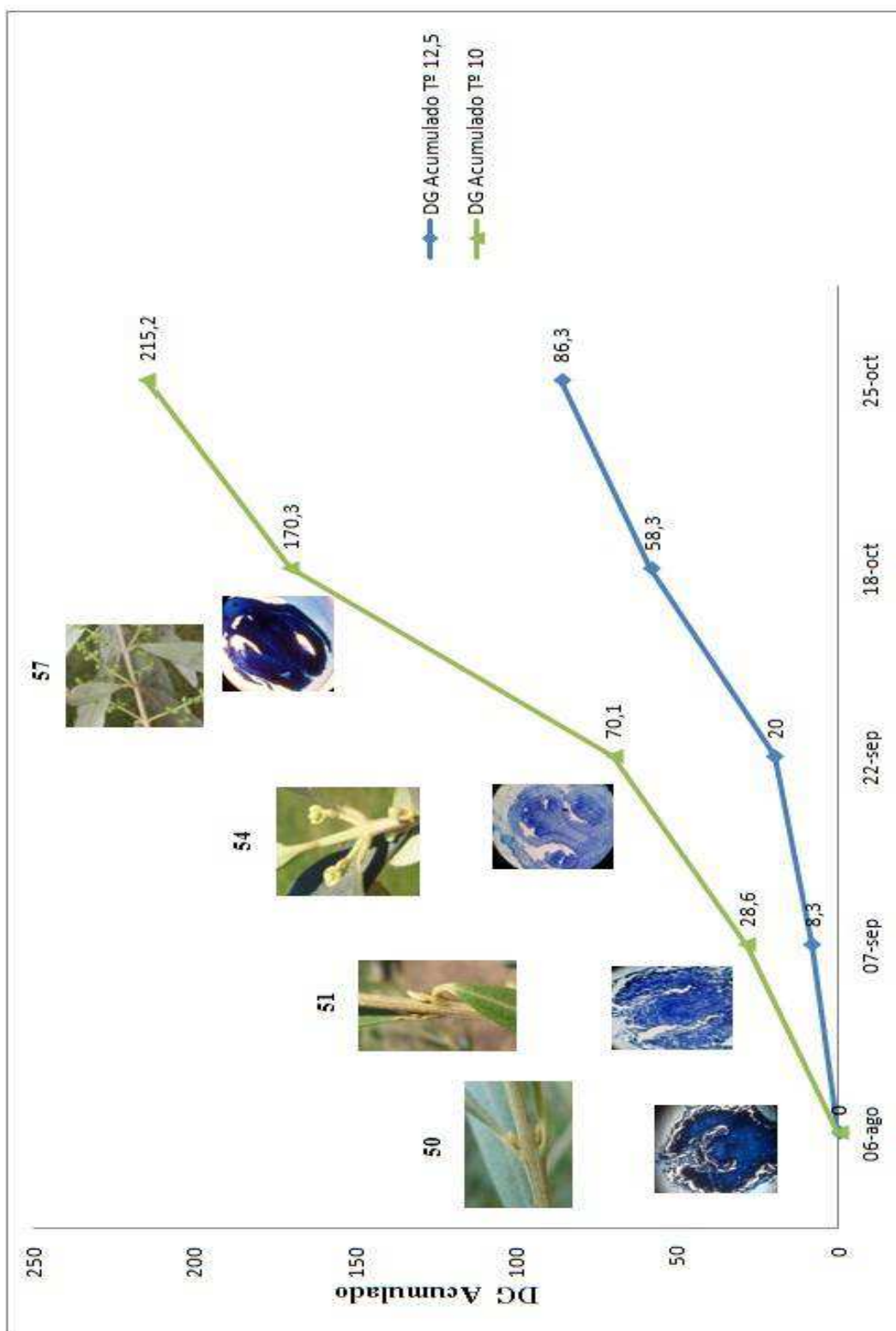


Figura 19. Estados fenológicos y de diferenciación del olivo, asociados a los días-grado, con ambas temperaturas umbrales.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en este estudio se puede concluir que:

- Los cortes histológicos de yemas hechos entre los meses de febrero a marzo, no mostraron diferencias en su desarrollo, manteniéndose el estado vegetativo de las yemas.
- Las yemas de olivo parten su iniciación floral a principios de mayo, con el achatamiento total del ápice, manteniendo este estado hasta finales de agosto.
- La diferenciación de las yemas comienza a partir del 7 de septiembre, la que se inicia con el desarrollo de los sépalos.
- La diferenciación del gineceo es posible apreciarlo en los cortes hechos el 18 de octubre, aunque las anteras no pudieron ser observadas.
- Las yemas se mantienen en el estado fenológico de “yema de invierno” hasta finales de agosto, comenzando la brotación a principios de septiembre.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Ahmed, M., I. Ahmed, H. Ur-Rahman, K.M., Khokhar and Tariq Mahmood. 2004. Studies on floral biology and fruit setting in olive cultivars. *Sarhad Journal of Agriculturae* 20 (3):377-379.
- Agustí, M., S. Zaragoza, H. Bleiholder, L. Buhr, H. Hack, R. Klose y R. Staub. s.a. Codificación BBCH de los estados fenológicos del desarrollo de los agrios (Género *Citrus*). Serie citricultura N° 6. Disponible en: <http://www.ivia.es/sdta/pdf/fichas/citricultura/citricultura6.pdf> . Leído el 6 de Abril de 2010.
- Al-Shdiefat, S. and M. Qrunfleh. 2008. Alternate bearing of the olive (*Olea europaea* L.) as related to endogenous hormonal content. *Jordan Journal of Agricultural Sciences* 4 (1): 12-24.
- Andreini, L., S. Bartolini, A. Guivarch, D. Chriqui and C. Vitagliano. 2008. Histological and immunohistochemical studies on flower induction in the olive tree (*Olea europaea* L.). *Plant Biology* 10(5): 588-595.
- Beltrán, G., M.Uceda, M. Hermoso y L. Frías. 2008. Maduración. pp 163-188. *In*: Barranco, D., R. Fernández-Escobar y L. Rallo (Ed). El cultivo del olivo. Sexta edición. Ediciones Junta de Andalucía y Mundi-Prensa, Madrid, España. 800p.
- Callejas, R. 2001. Formación de la yema floral en el olivo y sus consecuencias sobre el añerismo. *Aconex* 71:16-23.
- Callejas, R. y G. Reginato. 2002. Añerismo: consideraciones para enfrentarlo. Disponible en: <http://www.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR28893.pdf> . Leído el 30 de junio de 2011.
- Camacho, F. 1995. Olivo: biología floral. pp 69-75. *In*: Porras, A., J. Cabrera y M. Soriano (Ed). Olivicultura y Elaiotecnia. Ediciones Universidad de la Castilla- La Mancha, Castilla-La Mancha, España. 323p.
- Castillo, F. y H. Rapoport. 2003. Caracterización morfológica de estados de desarrollo en la yema del olivo (*Olea europea* L.). *Actas de Horticultura* 39:262-263.
- Cesaraccio, C., D. Spano, R. Snyder, P. Duce and H. Jones. 2006. Improvement of chilling and forcing model to predict bud-burst. *In*: 17th Conference on Biometeorology and Aerobiology. Davis, California, EEUU May, 21-24. University of California. Davis, California, EEUU.

- Chaari-Rkhis, A., M. Maalej, S. Ouled and N. Drira. 2006. In vitro vegetative growth and flowering of olive tree in response to GA₃ treatment. *African Journal of Biotechnology* 5(22): 2097-2302.
- Chouza, X. y A. Gravina. 2010. Inducción floral en Citrus. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de la República, Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay. 25p.
- Contreras, A. 2008. Efecto del ácido abscísico sobre la maduración y la diferenciación floral en olivos variedad Arbequina. Tesis Magíster en Ciencias Agropecuarias, Mención Producción Frutícola. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Santiago, Chile. 41p.
- Cortés, F. 1980. Histología vegetal básica. H. Blume Ediciones. Madrid, España. 125p.
- Cuevas, J., K. Pinney and V.S. Polito. 1999. Flower differentiation pistil development and pistil abortion in olive (*Olea europaea* L. "Manzanillo". *Acta Horticulturae* 474: 293-296.
- Cuevas, J. and V.S. Polito. 2004. The Role of staminate flowers in the breeding system of *Olea europaea* (Oleaceae): an andromonoecious wind-pollinated taxon. *Annals of Botany* 93:547-553
- Dag, A., A. Bustan, A. Avni, I. Tzipori, S. Lavee and J. Riow. 2010. Timing of fruit removal affects concurrent vegetative growth and subsequent return bloom, and yield in olive (*Olea europaea* L.). *Scientia Horticulturae* 123:469-472.
- De la Rosa, R., L. Rallo and H. Rapoport. 2000. Olive floral bud growth and starch content during winter rest and spring budbreak. *HortScience* 35(7): 1223-1227
- Del Campo, M.G. 2009. De la yema de olivo al desarrollo inicial de la aceituna: descripción de la iniciación floral, floración, cuajado y caída de frutos. *Revista Olint* 16: 22-26.
- Fabbri, A. and L. Alerci. 1999a. Anatomical aspects of flower and leaf bud differentiation in *Olea europaea* L. *Acta Horticulturae* 474: 245-249.
- Fabbri, A. and L. Alerci. 1999b. Reproductive and vegetative bud differentiation in *Olea europaea* L. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 74 (4): 522-527.
- Fabbri, A. and C. Benelli. 2000. Flower bud induction and differentiation in olive. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 75(2):131-141.
- Fernández-Escobar, R., M. Benlloch, C. Navarro and GC. Martin. 1992. The time of floral induction in the olive. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 117:304-307.
- Ferreira, R., R. Sellés y I. Sellés. 2001. Riego deficitario controlado en olivos. Boletín INIA N° 59. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, La Platina. La Pintana, Santiago, Chile. 48p.

- Gil, G. 2000. Fruticultura. La producción de fruta: fruta de climas templado y subtropical y uva de vino. Segunda edición. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 590p.
- Gómez, M. 2009. De la yema de olivo al desarrollo inicial de la aceituna: descripción de la iniciación floral, floración, cuajado y caída de frutos. *Olint* 16: 22-26.
- Hartman, H.T. 1950. Olive flower-bud formation. *California Agriculture* 4(11): 4-16.
- Hartman, H.T. 1951. Time of floral differentiation of the Olive in California. *Botanical Gazette* 112 (3): 323-327.
- Ibacache, A. 2003. Floración, cuaja y fructificación. pp 21-26. *In*: Tapia, F., M. Astorga, A. Ibacache, L. Martínez, C. Sierra, C. Quiroz, P. Larraín y F. Riveros. Manual del cultivo del olivo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Boletín 101. INIA Intihuasi, La Serena, Chile. 128p.
- Ibacache, A., M. Astorga y F. Tapia. 2008. Variedad y medio ambiente determinan calidad del aceite de oliva. *Tierra Adentro* 79: 21-23.
- Ibacache, A. 2009. Fisiología del olivo y su relación con el medio. *In*: Seminario del olivo. La Serena, Chile. 22 Junio, 2009. INIA Intihuasi, La Serena, Chile.
- Instituto de Investigación Agropecuaria (INIA). 2008. Comportamiento fenológico del olivo (*Olea europaea* L.) en tres localidades de la VI región, temporada 2005/2006. Informativo N°6. INIA Rayentué. Gobierno de Chile. 12p.
- Kitsaki, C., E. Andreadis and D. Bouranis. 2010. Development events in differentiating floral buds of four olive (*Olea europaea* L.) cultivars during late winter to early spring. *Flora* 205: 599-607.
- Lavee, S., H. Harshemesh and N. Avidan. 1986. Phenolic acids-possible involvement in regulating growth and alternate fruiting in olive trees. *Acta Horticulturae* 179: 317-328.
- Lavee, S. 2007. Biennial bearing in olive (*Olea europaea*). *Annales Ser. Hist. Nat* (1):101-112.
- Lavee, S., L. Rallo, H. Rapoport, A. Troncoso. 1999. The floral biology of the olive II: the effect of inflorescence load and distribution per shoot on fruit set and load. *Scientia Horticulturae* 82: 181-192.
- Lechuga, H. 2005. Estudio preliminar del efecto del Cold Killer en olivo (*Olea europaea* L.) Disponible en: <http://www.quimicas-assel.cl/Estudio%20del%20efecto%20Cold%20Killer%20en%20Olivos.pdf> . Leído el 27 de abril de 2010.
- Malik, N and J Bradford. 2009. Inhibition of flowering in Arbequina olives from chilling at lower temperatures. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 7(2): 429-431.

Martin, G.C. s.a. *Olea europea* L. Disponible en: www.nsl.fs.fed.us/wpsm/Olea.pdf . Leído el 6 de Marzo de 2011.

Martin, G.C. 1990. Olive flower and fruit population dynamics. *Acta Horticulturae* 286: 141-153.

Meier, U. 2001. Estadios de las plantas mono y dicotiledóneas, BBCH Monografía. Segunda Edición. Centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura, Limburgerhof, Alemania. 149p.

Mejías, P., F. Tapia y I. Díaz. s.a. Principales estados fenológicos del olivo. Disponible en: http://www.inia.cl/medios/raihuen/Posters/fenologia_olivos.pdf. Leído el 5 de Septiembre de 2011.

Melgarejo, P. 1996. El frío invernal, factor limitante para el cultivo frutal. Modelos y métodos para determinar la acumulación de frío y de calor en frutales. Madrid Vicente, A., Ediciones. Madrid, España. 166p.

Mormeneo, I. 2008. Horas de frío y sumas térmicas en la predicción del inicio de la etapa reproductiva en plantas de olivo (*Olea europea* L.) In: IV Jornadas Interdisciplinarias del Sudoeste Bonaerense. Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina. 7-9 Septiembre, 2008. Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina.

Municipalidad de Melipilla, 2010. Clima. Disponible en: http://www.melipilla.cl/v1.0/index.php?Itemid=47&id=12&option=com_content&task=view . Leído el 30 de agosto de 2011.

Orlandi, F., B. Romano and M. Fornaciari. 2005. Relationship between flowering and heat units to analyze crop efficiency of olive cultivars located in southern Italy. *Hortscience* 40 (1): 64-68.

Orlandi, F., D. Lanari, B. Romano and M. Fornaciari. 2006. New model to predict the timing of Olive (*Olea europaea*) flowering: a case study in central Italy. *New Zealand Journal of Crop and Horticulture Science* 34: 93-99.

Pinney, K and V.S. Polito. 1990. Flower initiation in “Manzanillo” olive. *Acta Horticulturae* 286: 203-205.

Ramírez, K. 2007. 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 Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 41p.

Rallo, L. 1994. Fructificación y producción en olivo. *Agricultura* (746):725-728.

Rallo, L., P. Torreño, A. Vargas and J. Alvarado. 1994, Dormancy and alternate bearing in olive. *Acta Horticulturae* 356: 127-136.

- Rallo, L y J. Cuevas. 2008. Fructificación y producción. pp 127-162. *In*: Barranco, D., R. Fernández-Escobar y L. Rallo (Ed). El cultivo del olivo. Sexta edición. Ediciones Junta de Andalucía y Mundi-Prensa, Madrid, España. 800p.
- Ramírez, K. 2007. Estudio exploratorio de la determinación de vigor en olivos de la variedad Arbequina y su influencia en las características de la aceituna y el aceite. Memoria de Título Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Santiago, Chile. 41p.
- Ramírez, M. M. 2001. Variabilidad de la producción en olivo (*Olea europea* L.). Relación entre alternancia, floración, vigor y productividad. Tesis Doctorado. Universidad de Córdoba, departamento de Agronomía. Córdoba, España. 200p.
- Rapoport, H.F. 2008. Botánica y morfología. pp 37-62. *In*: Barranco, D., R. Fernández-Escobar y L. Rallo (Ed). El cultivo del olivo. Sexta edición. Ediciones Junta de Andalucía y Mundi-Prensa, Madrid, España. 800p.
- Razeto, B. 2006. Para entender la fruticultura. Cuarta edición. Ediciones Bruno Razeto. Santiago, Chile. 518p.
- Reale, L., C. Sgromo, L. Ederli, S. Pasqualini, F. Orlandi, M. Fornaciari, F. Ferranti and B. Romano. 2009. Morphological and cytological development and starch accumulation in hermaphrodite and staminate flowers of olive (*Olea europaea* L.). *Sex Plant Reproduction* 22:109-119.
- Red Andaluza de Experimentación Agraria (RAEA). 2005. Ensayo de variedades de olivos en Jaén. Ediciones Consejería de Agricultura y Pesca y Junta de Andalucía, Andalucía, España. 76 p.
- Rubio, G., L. Rallo y H.F Rapoport. 2007. Crecimiento de brotes y yemas fructíferas de Olivo. *Actas de Horticultura* 48: 793-796.
- Santibañez, F. y J.M. Uribe. 1990. Atlas agroclimático de Chile: regiones V y Metropolitana. Fondo Nacional de desarrollo científico y tecnológico. Departamento de Ingeniería y Suelos, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 65p.
- Sanz, F., J. Martinez-Calvo, M.L. Badenes, H. Bleiholder, H. Hack, G. LLacer and U. Meier. 2002. Phenological Growth stages of olive trees (*Olea europaea*). *Association of Applied Biologists* 140: 151-157.
- Sayed, A., B. Hudson, T. Hartman and G.C Martin. 1970. Endogenous gibberellins and inhibitors in relation to flower induction and inflorescence development in the olive. *Plant Physiology* 46:674-679.
- Seifi, E., J. Guerin, B. Kaiser and M. Sedgley. 2008. Inflorescence architecture of olive. *Scientia Horticulturae* 116: 273-279.

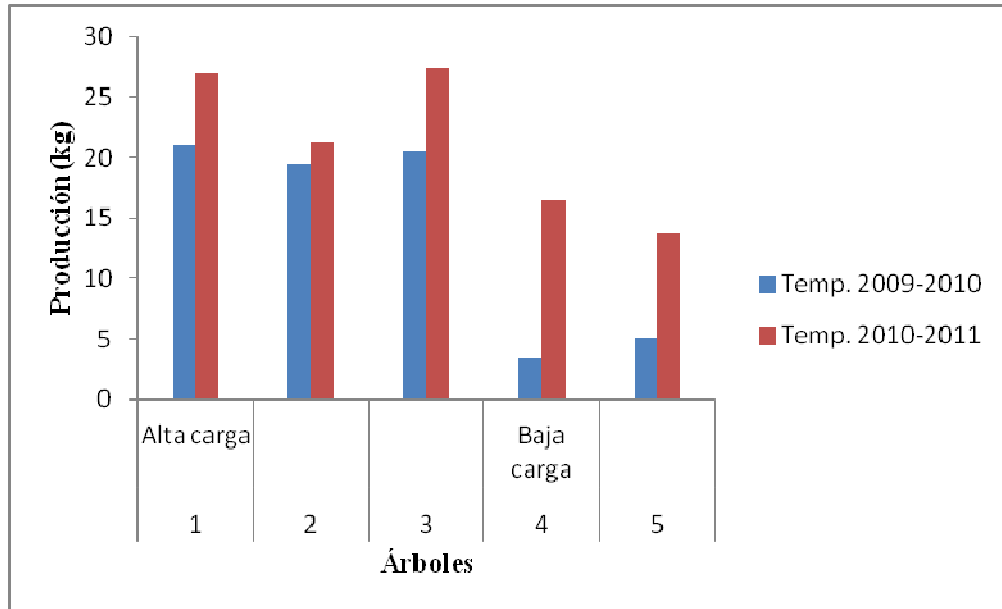
Sudzuki, K. 2006. Fenología de cuatro variedades de olivo para aceite en la comuna de Melipilla, Región Metropolitana. Memoria de Título Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 28p.

Tapia, F., A. Ibacacha y M. Astorga. 2003. Requerimientos de clima y suelo. pp 11-20. *In:* Tapia, F., A. Ibacache, M. Astorga, L. Martínez, C. Sierra, C. Quiroz, P. Larraín, F. Riveros (Ed). Manual del cultivo del olivo. INIA Intihuasi, La Serena, Chile. 135p.

Tapia, F., F. Mora and A.Santos. 2009. Preliminary evaluation of 29 olive (*Olea europaea* L.) cultivars for production and alternate bearing, in the Huasco valley, northern Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research* 69 (3): 325-330.

Tapia, F., A. Ibacache y V. Arancibia. 2010. Comportamiento productivo e industrial de variedades de olivo de interés aceitero para Atacama. *Tierra Adentro* 91: 34-37.

Valiente, J.I. and G. Albrigo. 2004. Flower bud induction of sweet orange trees: effect of low temperatures, crop load and bud age. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 129 (2): 158-164.

APÉNDICES**Apéndice I**

Comparación entre las distintas producciones por árbol por temporada de “Arbequina”.

Apéndice II

Mes	T° máx	T° mín
sep-09	17,9	5,9
Oct	23,5	7,4
Nov	23,9	8,4
Dic	28	9,4
ene-10	28,7	10,9
Feb	31,26	7,92
Mar	30,32	7,35
Abr	24,4	2,66
Mayo	19,34	3,29
Junio	15,35	2,06
Julio	15,76	2,76
Ago	17,17	3,15
Sept	23,07	2,43
Oct	24,14	4,75
Nov	24,83	9,16
Dic	24,9	9,13
ene-11	27,9	11,26
Feb	24,46	10,1
Mar	26,22	9,4
Abr	22,4	7,11

Temperaturas mínimas y máximas para ambas Temporadas de Estudio

ANEXOS**Anexo I****Inclusión en plástico J.B.4**

Fijación: F.A.A

Deshidratación: alcohol etílico 70°-80°-90°, por 30 minutos cada uno

1) Infiltración: 25 ml sol. A + 0.225 g de catalizador (agitar 15 segundos). Tiempo: 3 a 16 horas.

2) Inclusión: 25 ml. sol. A + 0.225 g catalizador + 1 ml. sol. B. Se incluye en cápsulas Beem.

3) Corte: ultramicrotomo 2 a 4 μm .

4) Tinción: Reactivo de Schiff y azul de toluidina

Ácido periódico 0,5 %	10 minutos
Lavar agua corriente	10 minutos
Reactivo Schiff	10 minutos
Lavar agua corriente	10 minutos
Bisulfito de Na 2%	2 minutos
Lavar agua corriente	10 minutos
Azul toluidina 0,5 % (sol. Acuosa)	3 minutos
Lavar en agua corriente hasta que no salga más colorante	
Secar a temperatura ambiente	
Sellar con bálsamo de Canadá	

Anexo II

BBCH-Descripción de las fases fenológicas del olivo (*Olea europaea* L)

Código	Descripción
Estado principal 0: Desarrollo de las yemas vegetativas	
00	Las yemas foliares, situadas normalmente en el ápice de los brotes del año anterior, están completamente cerradas y son puntiagudas, sin pedúnculo y de color ocre.
01	Las yemas foliares comienzan a hincharse y se entreabren, dejando ver los nuevos primordios foliares.
03	Las yemas foliares se alargan y se separan de la base.
07	Las hojitas exteriores siguen abriéndose sin separarse del todo, permaneciendo unidos los extremos apicales.
09	Las hojitas exteriores siguen separándose y las puntas se entrecruzan.
Estado principal 1: Desarrollo de las hojas	
11	Las primeras hojas se separan del todo, tienen un color gris verdoso.
15	Se separan más hojas pero sin alcanzar su tamaño final. Las primeras hojas adquieren una tonalidad verdosa en el haz.
19	Las hojas alcanzan el tamaño y forma característicos del cultivar
Estado principal 3: Desarrollo de los brotes	
31	Los brotes alcanzan el 10 % de su tamaño final.
33	Los brotes alcanzan el 30 % de su tamaño final.
37	Los brotes alcanzan el 70 % de su tamaño final.
Estado principal 5: Desarrollo de las inflorescencias	
50	Las yemas florales, situadas normalmente en las axilas de las hojas, están completamente cerradas y son puntiagudas, sin pedúnculo y con brácteas de color ocre.
51	Las yemas florales comienzan a hincharse y se separan de la base mediante un pedúnculo.
53	Las yemas florales se abren: empieza el desarrollo del racimo floral.
54	Los brazos del racimo floral comienzan a alargarse.
55	Racimo floral totalmente expandido, los botones florales empiezan a abrirse.
57	La corola, de color verde, es mayor que el cáliz.
59	La corola cambia del color verde al blanco.
Estado principal 6: Floración	
60	Apertura de las primeras flores.
61	Comienzo de la floración: alrededor del 10 % de las flores están abiertas.
65	Plena floración: al menos el 50 % de las flores están abiertas.
67	Comienza la caída de pétalos blancos.
68	La mayoría de los pétalos han caído o están marchitos.

Fuente: Sanz *et al.*, 2002

(Continua)

BBCH-Descripción de las fases fenológicas del olivo (*Olea europaea* L) (Continuación)

Estado principal 6: Floración

69	Fin de la floración, cuajado del fruto y caída de ovarios no fecundados.
----	--

Estado principal 7: Desarrollo del fruto

71	Tamaño de los frutos alrededor del 10 % de su tamaño final.
----	---

75	Tamaño de los frutos alrededor del 50 % de su tamaño final. Empieza a lignificarse el hueso (presenta resistencia al corte).
----	--

79	Tamaño de los frutos alrededor del 90 % de su tamaño final. Fruto apto para verdeo.
----	---

Estado principal 8: Maduración del fruto

80	El color verde intenso de los frutos se vuelve verde claro, amarillento.
----	--

81	Comienzo de la coloración de los frutos.
----	--

85	Aumenta la coloración específica de los frutos.
----	---

89	Los frutos adquieren el color característico del cultivar, permaneciendo turgentes. Frutos aptos para la extracción de aceite.
----	--

Estado principal 9: Senescencia

91	Crecimiento de brotes completo; follaje color verde
----	---

93	Comienzo senescencia y abscisión hojas maduras
----	--

97	Período dormancia de invierno
----	-------------------------------