

Evaluación del comportamiento reproductivo y vegetativo del palto (*Persea americana* Mill.) cv. Hass, en función de la carga frutal presente.

**Autor:** Daniela Marcela Saieg Artaza.

**Profesor Guía:** Ricardo Cautín M.

## Resumen

El añerismo en el palto (*Persea americana* Mill) es un problema que afecta a productores de todo el mundo. Durante un año de alta carga, los árboles presentan un gasto energético importante que puede afectar el ciclo fenológico de temporadas posteriores.

Durante la temporada 2005 se llevó a cabo en la Estación Experimental de la Facultad de Agronomía de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, una investigación con el objetivo de determinar el efecto de distintas intensidades de carga frutal sobre el comportamiento reproductivo y vegetativo del palto cv. Hass. Para ello se seleccionaron en forma aleatoria 12 árboles plantados en alta densidad, los cuales se agruparon en tres niveles de carga frutal: alta, media y baja.

Las evaluaciones realizadas fueron: Intensidad de floración, contenido de nitrógeno y azúcares totales en brotes y tejido floral, contenido de boro y zinc en tejido floral, cuaja, tasa de crecimiento del brote originado a partir de la inflorescencia indeterminada y PAR incidente al interior de la copa.

Los resultados obtenidos determinaron que la intensidad de floración se encuentra determinada por la carga frutal de la temporada anterior, al ser inversamente proporcional al número de frutos presentes.

Los contenidos de nitrógeno y azúcares totales en brotes portadores de yemas florales, variaron en función al número de frutos, sin embargo, las concentraciones de ambos elementos en el tejido floral, no se vieron afectadas por la carga frutal.

Los paltos con baja carga presentaron las menores concentraciones de boro y zinc en el tejido floral, al presentar mayor número de flores demandantes por estos microelementos.

En relación al cuajado, ésta resultó ser dependiente del nivel de carga frutal. Los paltos con alta carga y baja intensidad de floración presentaron mayor porcentaje de cuaja inicial.

El porcentaje de PAR incidente en la copa de los árboles, disminuyó, a lo largo de la temporada, independiente de la carga frutal.

**Author:** Daniela Marcela Saieg Artaza.

**Advisor:** Ricardo Cautín M.

## **Abstract**

The bearing alternate in avocado (*Persea Americana* Mill) is a problem that affects producers all over the world. During a year of high load, the trees present an important energy expense that can affect the phenologic cycle of subsequent seasons.

An investigation was carried out during 2005 in the Experimental Station of the Faculty of Agronomy of the Pontifical Catholic University of Valparaíso, with the objective to determine the effect of different intensities of fruit-bearing load on the reproductive and vegetative behavior of the avocado cv. Hass. Twelve trees planted in high density were selected in random form. They were grouped in three levels of fruit-bearing load: high, medium and low.

The evaluations carried out were: intensity of flowering, content of nitrogen and total sugar in shoots and floral tissue, content of boron and zinc in floral tissue, fruit set, growth rate of shoot originated from the indeterminate inflorescence and the incident PAR inside the cup.

The results obtained determined that the intensity of flowering is determined by the fruit bearing load of the previous season, and to be inversely proportional with the number of present fruit.

The contents of nitrogen and total sugars in shoots bearing flowering buds varied in function to the number of fruits, nevertheless, the concentration of both elements in floral tissue were not seen affected by the fruit bearing load.

The avocado trees with low bearing load presented the smaller concentrations of boron and zinc in the floral tissue, due to the more number of flowers demanding these microelements.

Fruit set resulted to be dependent of the fruit bearing load level. The avocado trees with high load and low intensity of flowering presented higher percentage of initial fruit set.

The percentage of the PAR incident in the cup of trees decreased along the season independent of the fruit bearing load.

## 1. INTRODUCCIÓN

El añerismo o producción alternada es uno de los problemas que productores de palto de todo el mundo han tenido que combatir a lo largo del tiempo (GARDIAZABAL y WILHELMY, 1995).

El fenómeno de alternancia se define como un ciclo de producción bianual, donde una gran producción es seguida por un bajo rendimiento la temporada siguiente (SCHOLEFIELD, SEDGLEY y ALEXANDER, 1985).

En la actualidad, para solucionar dicho problema se han ideado distintos sistemas de poda, que a su vez han mejorado el ingreso de luz al interior de la copa de los árboles y han podido controlar el tamaño de esta especie.

Bajo las condiciones en las que se cultiva en Chile, el palto presenta un ciclo reproductivo de aproximadamente dos años, el cual se inicia con la inducción floral y culmina con la cosecha. Para completar su total desarrollo los frutos permanecen alrededor de un año en el árbol, traslapándose durante la primavera con la floración de la temporada siguiente, lo cual intensifica la producción alternada.

Las bases fisiológicas y bioquímicas del añerismo aún no se encuentran bien definidas, sin embargo, una de las causas que explicaría este fenómeno tendría relación con los niveles de carbohidratos y nutrientes presentes en el árbol.

La floración y el desarrollo del fruto del palto utilizan gran cantidad de carbohidratos, así un déficit de éstos limitaría dichos procesos y tendría como resultado una producción alternada (PAZ VEGA, 1997).

Un árbol con mucha carga frutal no acumula los nutrientes necesarios para sostener una elevada intensidad de floración y una carga adecuada para el próximo año, mientras que árboles que presentan una cosecha liviana acumulan más reservas de nutrientes para producir floración intensa y alto rendimiento (VAN der WALT, DAVIE, SMITH, 1993).

El palto (*Persea americana* Mill.) se caracteriza por presentar una intensa floración y una cuaja que no supera el 0,001 % (SEDGLEY, 1980). El bajo porcentaje de éste se debe a que presenta un gasto energético mayor que el de otras especies frutales, al contener un elevado porcentaje de aceite en su pulpa, aumentando a medida que el fruto se desarrolla; lo que potencia el desarrollo del añersimo.

Un palto con baja producción presentará en la temporada siguiente: una elevada intensidad de floración, un menor contenido de nutrientes en flores y brotes y una disminución en la tasa de crecimiento vegetativo, en comparación a un árbol con una carga de fruta mayor.

El presente estudio, tiene como finalidad determinar el efecto de distintas cargas frutales sobre la intensidad y calidad nutricional del tejido floral, el crecimiento vegetativo y la intercepción de la luz al interior de la copa del palto.

## 1.1 Objetivo General:

1.1.1. Determinar el comportamiento reproductivo y vegetativo del palto cv. Hass, en función a la carga de fruta presente, en un predio de alta densidad.

## 1.2 Objetivos específicos:

1.2.1 Establecer un modelo matemático que estime la producción futura de flores, a partir de la carga de fruta presente en árboles de palto plantados en alta densidad.

1.2.2 Establecer el contenido de azúcar y nitrógeno presente en brotes portadores de yemas florales, provenientes de distintos niveles de carga frutal.

1.2.3 Establecer el contenido de azúcar, nitrógeno, boro y zinc presentes en flores, provenientes de distintos niveles de carga frutal.

1.2.4 Cuantificar cuaja, en función a las distintas intensidades de carga frutal.

1.2.5 Determinar la tasa de crecimiento vegetativo de las inflorescencias indeterminadas, en función a la carga frutal presente en el árbol.

1.2.6 Cuantificar en función a la carga frutal, la eficiencia en intercepción lumínica existente en el interior de la copa de los árboles, a través del indicador PAR.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Antecedentes de la especie:

El palto (*Persea americana* Mill.) es un árbol de hoja persistente (MALO, 1986) que pertenece al género *Persea*, familia de las Lauráceas, suborden Magnoliales y orden Ranales (IBAR, 1986).

La zona de origen de esta especie se encuentra entre América Central y sus zonas adyacentes del norte, y el sur de América (GARDIAZÁBAL y ROSENBERG, 1990)

A partir de las condiciones edafoclimáticas existentes en su zona de origen, se produce una selección natural que favorece la sobrevivencia de árboles de desarrollo rápido y continuo, por ello, el palto está genéticamente determinado a crecer constantemente (GARDIAZÁBAL y WILHELMY, 1995).

Los diferentes cultivares del palto, nacieron a partir de hibridaciones originadas de materiales que fueron trasladados desde su zona de origen. Así los distintos cultivares o razas se agrupan en tres variedades botánicas: Mexicana, Guatemalteca y Antillana. Las variedades se agrupan en función a una serie de cualidades, como por ejemplo: la forma del árbol, su altura, el tamaño, el color del follaje y la adaptación que presenta a las condiciones de clima en donde surgió como híbrido natural (CAUTÍN, 1996).

## 2.2 Escenario mundial de la producción de paltas:

La superficie mundial de paltos, hoy en día, supera las 380 mil hectáreas, cantidad que presenta un aumento importante en los años 90 y comienzos de los años 2000. El país con mayor número de hectáreas plantadas es México (102 mil ha, 30%), seguido por EE.UU. (26 mil ha, 7%) y Chile (23,5 mil ha, 6%) (GÁMEZ, 2004).

Según MAGDAHL (1998), México es el principal exportador (94 mil ton) luego Chile (78 mil ton), Israel (55 mil ton), Sudáfrica (48 mil ton) y España (40 mil ton). Por otra parte, Estados Unidos realiza las mayores importaciones con 120 mil ton, mientras que países de Europa importan 115 mil ton.

El consumo interno de países como México, EE.UU, República Dominicana y Chile es importante, por lo que exportan sólo una parte menor de sus producciones.

Las exportaciones destinadas a Europa se realizan principalmente a España, Sudáfrica e Israel (MAGDAHL, 1998).

## 2.3. Escenario de la producción de paltas en Chile:

MAGDAHL (2004) afirma que las atractivas condiciones de mercado que presenta nuestro país han posicionado a Chile como el tercer productor de palta en el mundo, lo cual se debe principalmente a la gran oferta concentrada en EE.UU y al aumento del consumo mundial, lo cual ha

permitido que la exportación de palta aumente de 2,7 millones de cajas exportadas en 1999 a más de 10 millones estimadas para esta temporada.

Se estima que para el 2004 los predios comerciales de paltos alcanzarían una superficie del orden de 23.500 ha, de las cuales sobre 20.000 ha serían de la variedad Hass (MAGDAHL, 2004).

La zona de mayor producción de paltos en Chile es la Quinta región, la cual presenta un 70% de la superficie total del país. La Región Metropolitana y la Cuarta son zonas también importantes de producción (MAGDAHL, 2004).

#### 2.4 Antecedentes de la variedad Hass:

La palta variedad Hass es la más cultivada en Chile, debido a que es la más consumida a nivel nacional y la única destinada a la exportación (MAGDAHL, 2004).

La variedad Hass se caracteriza por ser muy sensible a heladas, ya que pertenece a la raza guatemalteca. Esta variedad resiste hasta  $-1.1\text{ }^{\circ}\text{C}$  (GARDIAZÁBAL y ROSENBERG, 1991).

El árbol puede plantarse en densidades medias, ya que presenta un tamaño mediano con un crecimiento erecto (CAUTÍN, 1996).

La variedad Hass se caracteriza por ser un árbol menos añero como huerto que otras variedades (GARDIAZÁBAL y ROSENBERG, 1990).

Su floración dura alrededor de tres meses, desde mediados o hacia fines de primavera, presentando un patrón de floración tipo A (GARDIAZÁBAL y ROSENBERG, 1990).

El fruto presenta un peso que va entre 180 a 350 g, su forma es piriforme, con cáscara gruesa y ennegrece a medida que madura (GARDIAZÁBAL y ROSENBERG, 1990).

Para MAGDAHL (1998) la cosecha puede prolongarse once meses en Chile, a partir de julio, en los huertos de maduración más temprana. En el caso de Quillota es desde septiembre a abril (GARDIAZÁBAL y ROSENBERG, 1990).

Su calidad organoléptica es de excelencia, pudiendo alcanzar un contenido de aceite entre 15 a 20 %, su producción puede alcanzar como promedio 12 ton/ha después de seis a ocho años de plantado (CAUTÍN, 1996).

## 2.5 Comportamiento del ciclo fenológico del palto variedad Hass en la zona de Quillota:

### 2.5.1 Crecimiento vegetativo

Según TAPIA (1993), el palto Hass presenta en Quillota dos períodos de crecimiento. El primero es el de mayor intensidad, ocurre en primavera desde el 7 de septiembre hasta el 21 de diciembre, presentando su "peak" desde el 26 de octubre hasta el 9 de noviembre; el segundo crecimiento, ocurre en otoño entre el 29 de marzo y el 17 de mayo, presentando su "peak" desde el 26 de abril hasta el 3 de mayo.

Según WOLSTENHOLME y WHILEY (1989), la menor intensidad del segundo "flush" de crecimiento se debe a una menor cantidad de carbohidratos de reserva en los árboles, en comparación a cuando ocurre la brotación de primavera.

Para TAPIA (1993) la caída del "flush" de crecimiento de primavera ocurre por la competencia producida entre flores y brotes, tanto por nutrientes, como por minerales y agua. El atraso del segundo período de brotación se daría por la competencia entre brotes y frutos en desarrollo o por las altas temperaturas de enero, febrero y marzo.

#### 2.5.2 Crecimiento radicular

Según TAPIA (1993), en Quillota el palto Hass presenta dos períodos de crecimiento radical. El primero se observa entre el 28 de octubre y el 3 de febrero y el segundo comienza el 17 de marzo y termina el 13 de mayo.

Cada flush vegetativo es seguido de un período de intensificación del crecimiento radical, por lo tanto, existe una gran interdependencia entre el crecimiento radical y la brotación, lo cual muestra un patrón cíclico en la brotación del palto.

Según WHILEY (1987), el crecimiento de la raíz de los paltos está determinado principalmente por la temperatura del suelo, no obteniéndose crecimiento significativo con temperaturas de suelo menores a 13 °C.

El período en que comienzan los crecimientos vegetativo y radical difiere debido a las temperaturas, ya que la temperatura del suelo aumenta en forma más lenta que en el ambiente externo. En el primer "peak" de crecimiento vegetativo, llega un momento en el cual el nivel nutricional del árbol no puede seguir sustentando el desarrollo vegetativo, por lo tanto éste disminuye, lo cual coincide con el momento en que las raíces han alcanzado el nivel térmico de actividad ( $T^{\circ}$  mayores a  $18^{\circ}\text{C}$  en el suelo) y desarrollo requerido. Luego de esto, las raíces alcanzan su máximo desarrollo, y su crecimiento se independiza del efecto de la temperatura (TAPIA, 1993).

En cuanto a la distribución de raicillas en profundidad, el 80% se distribuye entre 0-30 cm de profundidad y el 20% entre 30- 60 cm; es decir, el desarrollo resulta ser superficial (WHILEY, 1987; TAPIA, 1993; TORO, 1995).

### 2.5.3 Desarrollo reproductivo

El crecimiento reproductivo comienza después de un corto período de semireceso del árbol con un desarrollo del brote, anthesis y formación del fruto. La floración es un evento de importancia en la fenología del palto, contribuyendo en un 8% a la producción total de materia seca en un ciclo completo de crecimiento (CAMERON, MUELLER, WALLACE, 1952).

Según TAPIA (1993), el período de floración del palto cv. Hass para la zona de Quillota, en cuanto a la apertura floral, se produce entre el 21 de octubre y el 13 de noviembre, compitiendo con el "flush" vegetativo de primavera y en ausencia de un alto crecimiento radicular.

#### 2.5.4 Cuaja y caída de frutos

La cuaja que sucede luego de la floración es seguida por una gran caída de frutos, que se observa un mes después de la floración. Esta primera caída de frutos ocurre entre el 16 de noviembre y el 22 de diciembre. Además existe una segunda caída de frutos, la cual es más leve y se observa entre el 2 de marzo y el 13 de abril (TAPIA, 1993).

#### 2.6 Inducción y diferenciación floral en palto:

Para COQUE y DÍAZ (1996) la inducción floral se define como el cambio fisiológico que se produce en una yema y que condiciona su evolución a flor.

La inducción floral es un conjunto de cambios en las células del meristema vegetativo, que permiten la floración de órganos florales en lugar de hojas. Dichos cambios fisiológicos son invisibles y se originan de condiciones metabólicas en las células meristemáticas (MEYER, 1960). Este fenómeno en Chile ocurre en los paltos entre los meses de abril y mayo (GARDIAZABAL y ROSENBERG, 1991).

SCHOLEFIELD, SEDGLEY y ALEXANDER (1985) afirman que la inducción floral ocurre cuando hay una baja en los contenidos de carbohidratos, es decir, en otoño; con esto disminuye la competencia entre crecimiento vegetativo y reproductivo al disminuir la actividad vegetativa.

Para WOLSTENHOLME (1990) cualquier factor de estrés de intensidad y duración suficiente puede provocar inducción floral, como por ejemplo bajas temperaturas, suelos con estrés de agua, *Phytophthora*, deficiencias de nutrientes minerales, calor extremo, etc., siendo más importantes las bajas temperaturas y la sequedad.

Posterior a la inducción floral ocurre la diferenciación floral, este proceso se define como el desarrollo dentro de la yema de las estructuras que darán origen a la flor. La diferenciación en Chile ocurre entre los meses de verano y otoño (GARDIAZABAL, 1998).

En paltos, bajo condiciones de California, SCHROEDER (1951) menciona que la diferenciación floral se da en un tiempo de seis a ocho semanas, posteriormente, el mismo autor (1953) determina que las estructuras florales y las yemas florales individuales son evidentes dos meses antes de la aparición de las flores.

La diferenciación de las yemas florales tiene lugar desde el fin del último “flush” vegetativo hasta la aparición de la inflorescencia (CALABRESE, 1992).

### 2.7 Morfología y fisiología de la flor e inflorescencia del palto:

La flor del género *Persea* es actinomorfa y hermafrodita. El cáliz está compuesto de seis sépalos unidos en la base, posee nueve estambres fértiles y el ovario es sésil con estilo alargado y estigma decapitado, además tiene tres estaminoides adyacentes al gineceo. La fórmula floral del palto corresponde a  $P_{3+3} A_{6+3} G_1$  (PARODI, 1959).

El perianto está formado por tres pétalos alternando con tres sépalos (SCHOLEFIELD, 1982).

La inflorescencia del palto corresponde a una panícula, la cual se define como un conjunto de flores en donde los pedicelos van disminuyendo de tamaño en dirección acropétala, tomando un aspecto piramidal (VILLALOBOS, 1982). Cada panícula presenta aproximadamente 200 flores (CAUTIN, 1996).

Las yemas florales del palto son generalmente mixtas, con inflorescencias indeterminadas y determinadas. Las inflorescencias determinadas no presentan, a diferencias de las inflorescencias indeterminadas, un crecimiento vegetativo originado a partir de la yema apical, por lo que la yema terminal corresponde a una flor (GARDIAZÁBAL, 1998).

El palto presenta una dicogamia del tipo protogínea de sincronización diurna. La dicogamia se define como la maduración desfasada de los verticilos sexuales. En el caso del palto la flor es funcionalmente masculina en una parte del día, y durante la otra parte funcionalmente femenina. Protogínea indica que el verticilo sexual que madura primero son los verticilos sexuales femeninos (BERGH, 1969).

Así, las flores de palto abren dos veces, la primera vez lo hace al estado femenino, en donde el pistilo se encuentra erecto y sobresaliente, el estigma brillante, blanco y receptivo al polen; los estambres se encuentran acostados y cerrados.

Posteriormente la flor se cierra para abrir por segunda vez al día siguiente, donde el estigma no está receptivo, generalmente muerto y de color oscuro y

los estambres se encuentran erguidos con las tecas de las anteras abiertas, la flor sólo genera polen al estar en estado masculino (GARDIAZÁBAL, 1998).

La dicogamia que presentan los paltos permite la existencia de la polinización cruzada entre distintas variedades compatibles (GOLDRING, GAZIT y DEGANI, 1987).

STOUT (1923), clasifica a los cultivares de paltos en dos grupos, A y B, de acuerdo al comportamiento de las flores en relación al tiempo en que éstas presentan la dehiscencia de las anteras y la receptividad del estigma.

Los cultivares tipo A como Hass, abren sus flores al estado femenino el día uno durante la mañana y cierran al mediodía; el día dos abren nuevamente durante la tarde, pero como estado masculino, al final del día la flor se vuelve a cerrar.

A diferencias de las variedades tipo A, las tipos B abren las flores al estado femenino el día uno por la tarde, la flor se cierra al final de la tarde para abrirse de nuevo el día dos por la mañana al estado masculino (GARDIAZABAL Y ROSENBERG, 1998).

Ensayos realizados en variedades Hass y Fuerte por PALMA (1991), HERNANDEZ (1991), CALVERT (1993) y TAPIA (1993) en la zona de Quillota, revelan que bajo ciertas condiciones de temperatura las flores femeninas y masculinas se traslapan dentro de un mismo árbol durante todo el día e incluso la noche; lo cual indicaría que los patrones de flores tipo A y tipo B no se cumplen en todas las zonas climáticas.

## 2.8 Polinización, fecundación, cuaja y fructificación:

Para BERGH (1987) la inducción, diferenciación, polinización y cuaja son los factores determinantes para una producción adecuada. Cualquier problema que ocurra durante estos procesos provoca un efecto negativo e incurable sobre la producción.

La polinización y la fecundación son dos procesos biológicos que condicionan el cuajado. La polinización es el momento en el que el polen llega al estigma del pistilo, si se presentan las condiciones óptimas, el polen germina produciendo el tubo polínico. El tubo polínico crece a través del estilo hasta llegar al óvulo. En el óvulo el polen libera el núcleo espermático, el cual llega hasta la oosfera donde ocurre la fecundación.

El producto de la fecundación es el embrión el cual se desarrollará dentro de la semilla del palto, la cual crecerá dentro del ovario, que desde ese momento pasa a denominarse fruto (LOVATT, 1997).

Según GARDIAZABAL (1998) la polinización cruzada utilizada en palto, condiciona la formación final de los frutos así, si se produce una falta de polinización la producción disminuye, y si se produce un aumento de polinización la producción de paltas podría aumentar.

El crecimiento del fruto en palto presenta una curva sigmoidea (CHANDLER, 1962).

El palto termina su total proceso de madurez sólo al ser cosechado. Un alto nivel de aceite en el fruto y la germinación de la semilla, no implican un completo estado de madurez.

Los frutos que quedan en los árboles continúan su crecimiento y acumulando aceite varios meses después de la madurez fisiológica (BLUMENFELD y GAZIT, 1974).

### 2.9 Problemas de producción en paltos:

Las bajas producciones del palto son un problema en la mayoría de las áreas de producción del mundo (SCHOLEFIELD, SEDGLEY y ALEXANDER, 1985).

Según WOLSTENHOLME (1986) las producciones netas del palto son bajas en comparación a otras especies y sus actuales rendimientos, de entre 5,6 a 21,5 ton/ha, caen muy por debajo del rendimiento máximo teórico de 32,5 ton/ha.

El palto produce un gran número de flores de las cuales sólo una pequeña proporción cuaja y llega a fruta madura (SEDGLEY, 1980).

Un árbol maduro de palto puede llegar a producir millones de flores cada temporada; sin embargo, las producciones usualmente alcanzan sólo unos cientos de frutos maduros (DEGANI, 1986).

BLUMENFELD y GAZIT (1974) señalan que la cantidad de fruta que cuaja es menos de un 0,1%, siendo levemente inferior al 0,2% que obtuvo TAPIA (1993) en su trabajo sobre paltos cv. Hass.

GARDIAZÁBAL y ROSENBERG (1991) señalan al palto como un árbol muy poco eficiente para la cuaja de fruta, y a diferencia del duraznero, peral o manzano que cuajan una flor de cada 6 ó 10 que abren, el palto sólo cuaja una flor de cada mil que abren. Esto significa que, el palto tiene que producir una cantidad mucho más grande de flores en comparación a otros frutales para originar una cosecha razonable.

A pesar de ser relativamente pequeño el porcentaje de flores necesario que cuaje para obtener una elevada producción, en muchos casos no se logra una cuaja mínima (GARDIAZÁBAL y ROSENBERG, 1991).

La falta de producción y el añerismo son las causas de las bajas producciones en el palto y ambos tienen causas distintas (SCHOLEFIELD, SEDGLEY y ALEXANDER, 1985).

La producción alternada en el aguacate puede ocurrir en diferentes niveles. En áreas subtropicales, donde las condiciones climáticas son más moderadas, ocurre generalmente a nivel de huerto o árbol. Sin embargo, debido a que el añerismo se origina en respuesta a condiciones externas, en algunas áreas con condiciones climáticas más extremas, el añerismo ocurre en la mayor parte de los huertos (PAZ – VEGA, 1997).

El añerismo es uno de los problemas más graves en árboles de hoja caduca y de hoja persistente (MONSELISE y GOLDSCHMIDT, 1982). Es común en

extensas familias de diferentes árboles como por ejemplo cítricos, manzanos, mangos, pistachos y aguacates (PAZ-VEGA, 1987).

El añerismo está dado por la cantidad de carbohidratos acumulados, así un árbol con mucha fruta acumula menor cantidad de carbohidratos que un árbol con menos fruta, lo cual implica que los paltos con menos cargas presenten una floración mas intensa que los con alta carga (VAN der WALT, DAVIE y SMITH 1993).

Los árboles de palto tienden a florecer muy pesadamente en algunos años, lo cual trae como resultado una gran cosecha, pero con una alta proporción de fruta pequeña. Este exceso de floración está generalmente acompañado de poca cantidad de hojas y una alta proporción de flores determinadas (MORUDU, ROE, 1999).

La fruta soportada por inflorescencias determinadas presenta la desventaja de no contar con la suficiente cantidad de fotosintatos generándose fruta más pequeña, sin protección y quemada por el sol (MORUDU, ROE, 1999).

PAZ - VEGA (1997) establece dos hipótesis sobre el origen del añerismo. La primera hipótesis establece que la floración, el conjunto de fruta, y el crecimiento de fruta utilizan grandes cantidades de carbohidratos. Así, un déficit de los carbohidratos limitaría estos procesos y tendría como resultado eventualmente una producción alternada.

La segunda hipótesis tiene relación con los reguladores de crecimiento (PGR's) producidos por la semilla del palto, principalmente las Giberelinas, las cuales durante un año de alta carga frutal inhibirían la iniciación floral y afectarían la floración del año siguiente.

Abundante floración no es sinónimo de una alta producción, paltos que el año anterior presentaron una baja producción podrían producir una intensa floración pero una mala cuaja (GARDIAZÁBAL y ROSENBERG, 1991).

Como causa para explicar la falta de producción se podría señalar las bajas temperaturas durante la floración (PETERSON, 1956), así como la masiva abscisión de frutos jóvenes, principalmente durante los primeros meses después de la polinización, con lo cual menos del 0,3% de las flores llegan finalmente a cuajar frutos (SEDGLEY, 1977). Este gran aborto de frutos recién cuajados se podría deber al fuerte crecimiento vegetativo que se manifiesta en el palto al momento de la floración, el que tiende a prevalecer sobre la actividad productiva provocando la caída de los frutos por la competencia generada (CALABRESE, 1992).

STASSEN *et al.* (1995) señala que aumentando los niveles de las reservas de carbohidratos en los árboles se puede lograr modificar el añerismo. Para superar o modificar el fenómeno estableció cuatro manejos descritos a continuación:

- 1.- Reducir la carga frutal del árbol en el año ON, para no exigir demasiado a las reservas de los carbohidratos del árbol.
- 2.- Cosechar la fruta lo más temprano posible.
- 3.- Rayar 50-60% de las ramas en un árbol que acaba de pasar por un año de alto rendimiento para retener los carbohidratos en estas ramas.
- 4.- Mantener árboles pequeños con una proporción más alta de raíz, el tronco y las reservas estructurales de rama para endoselar el tamaño.

## 2.10 Carbohidratos en palto:

La sacarosa es el principal hidrato de carbono soluble, normalmente ubicado en el floema, y el almidón el principal insoluble, ubicado en el xilema, en la mayoría de las especies frutales. Sin embargo, los también oligosacáridos azúcares alcoholes o alditoles son importantes en algunas especies frutales (LOESCHER, 1987).

Los tejidos de reservas son aquellos con células vivas, principalmente el parénquima del floema, los rayos parenquimáticos del xilema, donde establecen rápida asociación con el agua, y la médula, en ramillas troncos y raíces (KOZLOWSKI, 1992).

El almidón y los azúcares solubles son los carbohidratos predominantes de la reserva disponibles como energía para el crecimiento y la conservación (ARPAIA et al. 1999).

El almidón es la forma más común e importante dentro de los carbohidratos. Puede acumular concentraciones que promedian 20% de la masa seca de algunos tejidos. Es el indicador más útil de fluctuaciones estacionales en cosechas y está estrechamente relacionado con el desempeño del árbol (PAZ – VEGA, 1997).

Los hidratos de carbono no utilizados en la asimilación ni en la respiración y que han sido almacenados en algunos tejidos de la planta para uso futuro son llamados hidratos de carbono de reservas (GLERUM, 1980). También son carbohidratos de reservas aquellos que se encuentran en una concentración mayor que el 1% del peso seco del tejido (DREW, 1984).

El contenido de hidratos de carbono en paltos se encuentra negativamente condicionado por la carga de fruta y por la iniciación floral en un año de gran producción (VAN der WALTERS, DAVIE, SMITH, 1993)

Los principales azúcares de los paltos son los que presentan siete carbonos, la D-manoheptulosa y el perseitol (LIU *et al.* 1999).

### 2.11 Nitrógeno en palto:

El nitrógeno funciona como un regulador del crecimiento y presenta un efecto dinámico en la productividad del árbol, cuando se suministran adecuadamente todos los otros nutrientes minerales y las temperaturas favorecen el crecimiento (WHILEY, 1990).

La fruta del palto puede contener hasta 4,5% de proteína por gramo de peso seco. La variedad Hass contiene 2,4% de proteína, concentración excepcionalmente alta para ser una fruta. El palto presenta tres veces más proteínas que el mango, la naranja, el melocotón, y el caqui y seis veces más que el albaricoque y la manzana.

Un palto típico pesa 200 a 300gr; así, hay 5,0 a 7,5 g. de proteína por fruta, que representa 1g de nitrógeno por fruta fresca.

El palto requiere grandes cantidades de nitrógeno durante su desarrollo, ya que podría originarse una competencia entre la fruta y el crecimiento vegetativo, si este se encuentra en bajas concentraciones (PAZ – VEGA, 1997).

Según LOVATT (1995) los agricultores fertilizan los paltos para mantener la concentración de nitrógeno de las hojas entre los 2,0 y 2,6%.

FIGUEROA *et al.* (1997) afirma que el contenido de nitrógeno en las inflorescencias indeterminadas es de 2,5 %.

### 2.12 Boro en palto:

Las plantas absorben el boro como ácido bórico y se transporta sólo por el xilema (LOUÉ, 1988).

El boro está relacionado con la actividad meristemática, por lo que si este elemento no se encuentra en las concentraciones adecuadas, la división celular no se produce de una forma correcta, lo cual provoca una baja elongación de los entrenudos y las hojas se desarrollan incompletamente

FAUST (1989) señala que el boro aumenta la síntesis de ácidos nucleicos durante el desarrollo de los frutos, lo cual permite que éstos se retengan más en el árbol.

La fertilización adecuada de boro permite que se produzca una correcta cuaja y desarrollo del fruto (BRU y DE TORRES, 1992).

Si se presentan bajas concentraciones de boro durante la época de floración, la formación de flores y frutos se ve afectada, ya que el boro permite una óptima geminación del tubo polínico (LOUÉ, 1988).

Según BRU y DE TORRES (1992) a medida que el tubo polínico crece por el estigma, el boro es absorbido por éste, y que en algunos casos, la germinación del grano de polen depende de la presencia de boro en el estigma

Las aplicaciones de boro son menos apreciables cuando las condiciones son óptimas para la cuaja. Por esto, ha sido considerable el interés por el uso de una fertilización con boro para aumentar la cuaja en palto. ROBBERTSE *et al.* (1995) demostró que cuando se recolectaron pistilos desde paltos que recibieron una aplicación foliar, donde fueron polinizadas con polen de árboles tratados con boro, la germinación del polen y crecimiento del tubo polínico fueron significativamente mejores que los árboles no tratados.

Deficiencias de boro en palto provocan muerte gradual en puntos de crecimientos apicales. Las hojas se deforman y necrosan, el nervio central y principales del envés se parten y suberizan, el paso de flor a frutos se limita (BRU y TORRES, 1992).

### 2.13 Zinc en palto:

El zinc en la planta tiene un papel importante en la síntesis de los ácidos nucleicos y en el metabolismo de las auxinas (LOUÉ, 1988).

Al igual que el Boro, se encuentra relacionado con la actividad meristemática (WALLIHAN, EMBLETON, PRINTY, 1958).

Las concentraciones de zinc en las hojas bajan durante el desarrollo de las flores. Las panículas pueden presentar entre un 88 y 180% más de zinc que las hojas, durante la antesis (WHILEY, 1990).

Por otro lado, el aporte de Zinc mejora los procesos enzimáticos de la germinación y crecimiento del tubo polínico (RODRÍGUEZ, 1995).

Los síntomas que presentan los árboles de palto deficientes en zinc son hojas con un moteado amarillo intervenal, sin un patrón de distribución definido y en casos de deficiencia aguda las hojas apicales son angostas, curvadas hacia abajo y rígidas, además hay acortamiento de entrenudos, formando arrosetamientos en los brotes (LAHAV y KADMAN, 1980). También la deficiencia de zinc es un factor importante que limita la producción (CROWLEY, SMITH, ARPAIA, 1993).

#### 2.14 Manejo de la luz y Radiación Fotosintéticamente Activa:

Tradicionalmente en Chile y el mundo, las distancias de plantación para huertos de densidad, plantados en cuadrado, han fluctuado entre 11 y 14 m para variedades de árbol grande y expandido (cv. Fuerte), 9 y 12 m para variedades intermedias (cv. Hass) y 6 a 9 m para aquellas menos vigorosas y extendidas (cvs. Bacon y Edranol) (RAZETO, 1996).

En Sudáfrica los productores de paltos han manejados las distancias de plantación según la altura, convirtiéndose así los predios en huertos emboscados en donde la luz es impenetrable y causando una baja en la producción.

En la actualidad los paltos se plantan como mínimo 5mt x 5mt (400 plantas/ha) existiendo aún problemas por sombreamiento, haciéndose necesario utilizar manejos y técnicas de poda. (STASSEN, DAVIE, VAN der WALTERS, 1995).

Para favorecer la luz y aireación dentro de la canopia de los árboles se utiliza el manejo de la poda (COQUE y DIAZ, 1996).

La poda según JACKSON (1986), estimularía la iniciación de las yemas florales ya que habría más ingreso de luz al interior de la copa del árbol, estimulando el crecimiento de un mayor número de brotes, por lo que aumentaría el número de yemas florales.

La intercepción lumínica y la distribución de la luz a través de la copa del árbol intervienen sobre la fotosíntesis, transpiración y los gradientes de humedad foliar, por los cuales es un factor importante en la productividad (JONHSON y LAKSO, 1991).

El PAR la llamada radiación fotosintéticamente activa, ocupa un espectro que va desde los 400 a los 700 nm, se ubica entre las radiaciones ultravioletas y las infrarrojas (DE LA RIVAS, 2000).

El PAR permite obtener las curvas de la tasa fotosintética neta de la luz, las cuales proporcionan el funcionamiento fotosintético de las hojas (DE LA RIVAS, 2000).

Según DE LA RIVAS (2000), los valores máximos de PAR en un día soleado en latitudes medias son 2000 a 2300  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{seg}$  y la fotosíntesis neta se satura entre los 60 y 200  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{seg}$  en plantas de sombra. En plantas C3

de sol, la fotosíntesis se satura 400 y 600  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{seg}$ , correspondiente aproximadamente al 25% de la radiación luminosa solar máxima, mientras que en algunas plantas C4 no se observa incluso saturación (DE LA RIVAS, 2000).

El palto presenta punto de saturación fotosintética de 1.100  $\mu\text{mol}$  de  $\text{CO}_2/\text{m}^2/\text{seg}$  (WHILEY, 1994) 2/3 de lo que se encontraría a pleno sol, que sería de 2.000  $\mu\text{mol}$  de  $\text{CO}_2/\text{m}^2/\text{seg}$ . La máxima absorción a nivel de fotosíntesis de un palto es de 23  $\mu\text{mol}$ , en el caso de los cítricos va entre 12 y 18  $\mu\text{mol}$  (similar a perales y manzanos) (WHILEY, 2003).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación de los ensayos:

Los ensayos se llevaron a cabo en la Facultad de Agronomía de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, sector La Palma, Comuna de Quillota, V Región; específicamente, en el sector 28 de la Estación Experimental, cuya ubicación UTM es de 6358127 norte y 293994 oeste, a 126 msnm (GPS CHILE, modelo Etrex summit navegador personal, GARMIN MR), (Anexo 1).

El sector cuenta con 940 árboles de paltos variedad Hass, plantados en el año 1994 a una distancia de 5m x 5m (Anexo 2).

#### 3.2. Elección del Material Experimental:

Se seleccionó (marzo) en forma aleatoria una población de 30 árboles de palto, a los cuales se les cuantificó el número de fruta presente. A partir de esta población se eligieron 12 árboles los cuales se agruparon en tres diferentes niveles de carga. Cada nivel de carga se representó por un grupo de cuatro árboles frutales (Anexo 3).

### 3.3. Determinación de los niveles de carga frutal:

Según el número de frutos totales existentes en los árboles muestreados se definieron tres niveles de carga frutal, baja - media - alta.

Los árboles que representaron los tres niveles de carga fueron seleccionados de acuerdo a un rango crítico, el cual fue definido a partir del número de frutos presentes en los 30 árboles muestreados al azar.

Cuadro 1. Categorización de los niveles de carga frutal para árboles de palto, de acuerdo al rango crítico.

Nivel de carga frutal	Rango crítico (número de frutos)
Baja carga	0-100
Media carga	101-200
Alta carga	200- +

### 3.4. Medición de Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR):

Se seleccionaron al azar dos árboles por cada nivel de carga frutal (baja-media-alta), a los cuales se les midió la Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR), utilizando el medidor de luz PAR model LI- 1400 Data Logger, Li-cor.

Las mediciones se realizaron siempre a medio día.

Cada árbol fue sometido a dos tipos de mediciones (tipo 1 y tipo 2), las cuales se efectuaron a partir de un mismo punto (nivel del tronco) ubicado en la cara norte del árbol a 170 cm de altura. La medición tipo 1 se efectuó a los 30 cm del nivel del tronco y la medición tipo 2 a un metro del nivel del tronco (Figura 1).

Los dos tipos de mediciones se realizaron en tres posiciones distintas de la cara norte de cada árbol: *posición centro*, *posición oeste* y *posición este*. La posición centro corresponde al tronco, la posición oeste es a un metro del tronco hacia la orientación oeste y la posición este es a un metro del tronco hacia la orientación este (Figura 2).

La Figura 3 describe la forma en la que se llevaron a cabo las mediciones de cada árbol seleccionado, los cuales fueron finalmente sometidos a seis mediciones por día. Las mediciones de PAR se realizaron en forma quincenal, los meses de otoño, invierno y primavera.

El porcentaje de PAR que llega al interior del árbol se determinó con respecto al 100% de PAR incidente, el cual fue cuantificado sin obstáculos los días en que se realizaron las mediciones.

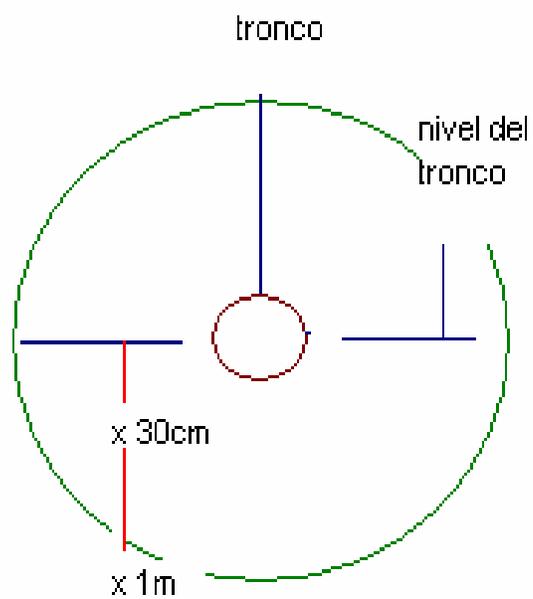


Figura 1. Tipo de medición realizada en palto para determinar PAR (a los 30 cm y 1 m del tronco). Vista en planta

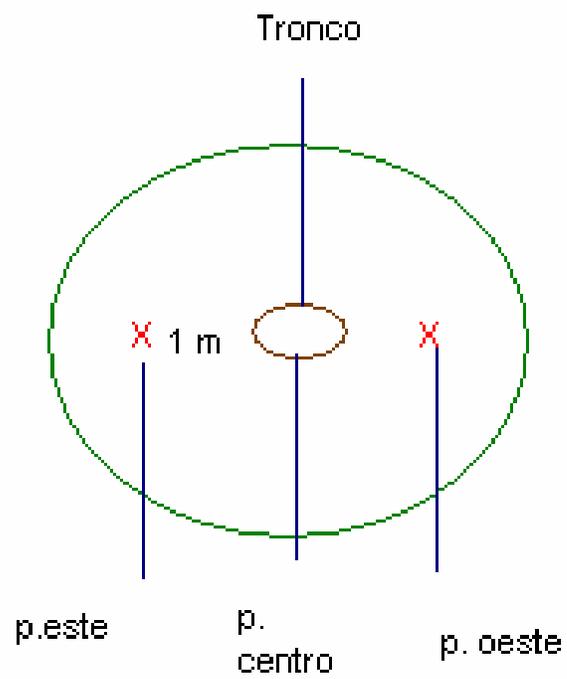


Figura 2. Posiciones en las que se realizaron las mediciones de PAR en paltos. Vista en planta.

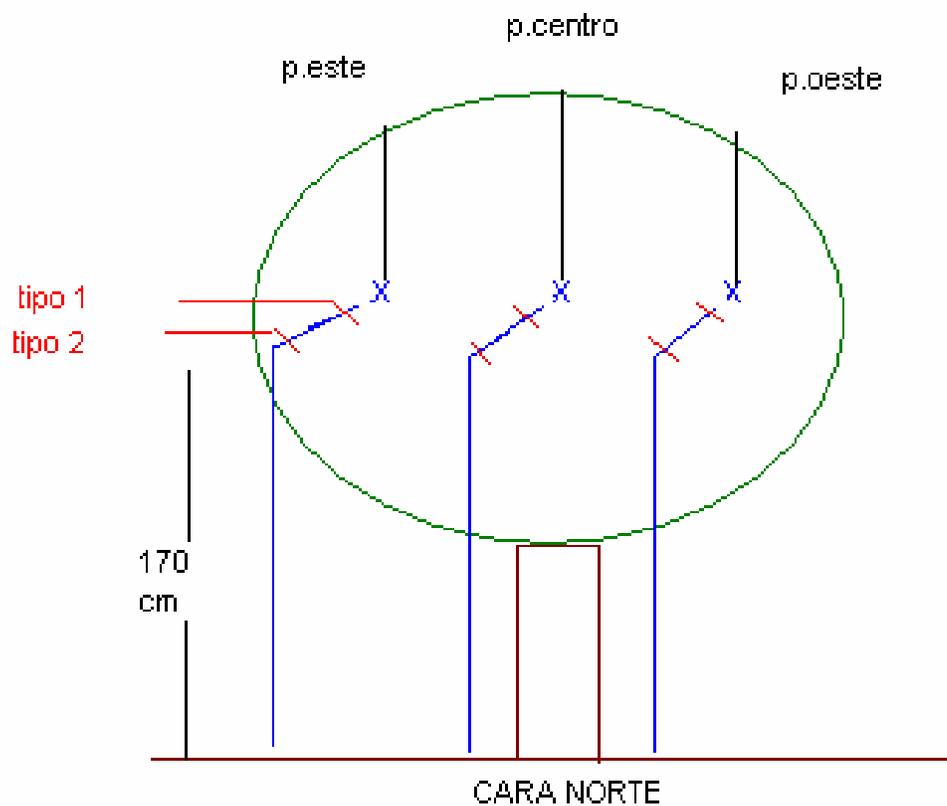


Figura 3. Tipo y posición de las mediciones para determinar PAR en palto.  
Vista en elevación.

### 3.5. Determinación del número de flores:

Durante la tercera semana de agosto, se instaló, en cada uno de los árboles seleccionados, una malla rachel de 24 m<sup>2</sup> (80% de cubrimiento) alrededor del tronco a 1 metro sobre el suelo (Anexo 4).

Las flores que cayeron sobre la malla durante la época de floración, fueron colectadas cada cinco días y posteriormente sometidas a un proceso de deshidratación en una estufa Binder a 60° C (Anexo 5)

Para poder estimar el número de flores caídas se tomó una muestra conocida de flores deshidratadas (500 flores) y se pesaron sobre una balanza Sartorius. A partir del peso obtenido por la muestra, se estimó, a través de una regla de tres, el número de flores presentes en cada uno de los árboles seleccionados.

Las flores fueron previamente deshidratadas para que la humedad existente en cada una de las flores no afectara el peso final.

### 3.6 Determinación del cuajado:

A partir del número total de flores presentes en cada palto y el número promedio de flores que conforman una panícula, se obtuvo el número total de panículas presentes en cada uno de los árboles.

Al finalizar la época de floración, se seleccionaron tres panículas por árbol a las cuales se les cuantificó el número de frutos cuajados, los que debían presentar un diámetro de 1 cm.

A partir del número de panículas y el número promedio de flores cuajadas por panículas, se estimó el número total de flores cuajadas por árbol (Anexo 6).

El porcentaje de cuaja por árbol se determinó a partir de la relación entre el número de flores cuajadas y el número de flores totales.

El Cuadro 2 presenta el procedimiento ocupado para obtener el porcentaje de cuaja.

Cuadro 2. Determinación del porcentaje de cuaja.

\* Número de flores totales /árbol x Número de flores /panícula = N° de panículas.

\* Número de panículas /árbol x Número de frutos cuajados = N° de frutos /árbol

Porcentaje de cuaja: Número flores cuajadas árbol/Número flores totales.

### 3.7 Determinación del contenido de azúcares totales:

#### 3.7.1 En brotes portadores de yemas florales

##### 3.7.1.1 Obtención de las muestras

Se seleccionaron al azar seis brotes de cada nivel de carga, en dos fechas distintas (13 de julio y 11 de agosto), período en que las yemas se encuentran en proceso de diferenciación floral.

A cada brote se le extrajo la corteza, la cual fue cortada en pequeños pedazos con un cuchillo y finalmente molida en un mortero, con la ayuda de nitrógeno líquido.

Para cada carga frutal se realizaron cinco muestras de 100 mg cada una, más una solución control, obteniendo un total de quince por día. Cada una de las muestras fue depositada en un tubo Eppendorf.

##### 3.7.1.2 Extracción de los azúcares

Para determinar el contenido de azúcares presentes en los brotes, se utilizó el Protocolo de Azúcares totales ANTRONA, el cual fue llevado a cabo en el Laboratorio de Genética de la Facultad de Agronomía de la Pontificia Universidad de Valparaíso.

Para extraer los azúcares presentes en cada una de las muestras a los tubos Eppendorf se les agregó 1,5 ml de etanol 80%, y se llevaron a baño maría por 30 minutos a 80° C. Posteriormente los tubos se centrifugaron a 12000 g por 15 minutos a 4 °C (Anexo 7).

#### 3.7.1.3 Preparación del reactivo

La solución de Antrona se preparó a razón de 0,15% p/p en ácido sulfúrico al 80 %. Para poder diluir el ácido se mezcló 13,78 ml de agua destilada con 61,22 ml de ácido sulfúrico 98%, obteniendo finalmente, un volumen de ácido sulfúrico 80% de 75 ml.

Posteriormente se mezclaron los 75 ml de ácido con 127,5 mg de Antrona.

#### 3.7.1.4 Procedimiento análisis de Antrona

Del sobredrenante presente en los tubos se extrajeron 20 µL y se depositaron en otros tubos Eppendorf rotulados correctamente, a los cuales se les añadió 980 µL de agua destilada.

A partir de esta solución se tomaron 150 µL de cada uno de los tubos y se les agregó 1,5 ml del reactivo de ANTRONA. Las muestras fueron posteriormente agitadas e incubadas por 30 minutos en un baño con agua a 40 °C.

Luego se leyeron las absorbancias de cada muestra en espectrofotómetro a longitud de onda de 620nm.

Las absorbancias obtenidas (variable dependiente) se ingresaron a una ecuación lineal para obtener el concentrado de azúcar (variable independiente) presente en cada una de las muestras.

### 3.7.1.5 Determinación de curva de calibración y de la ecuación lineal

Para transformar la lectura de la absorbancia en una concentración real de azúcares se realizó una curva estándar, utilizando glucosa como patrón.

Para realizar los puntos de la curva, a razón 30 mg (glu) / 1ml (agua destilada), se preparó una solución stock de glucosa en 20 ml (600mgr glu.). Luego se prepararon en 5 Eppendorf las siguientes ecuaciones (1ml).

Cuadro 3. Concentraciones de glucosa en 1 ml de solución, para determinar curva de calibración.

Concentración Glucosa Curva estándar	Cantidad Solución stock 2	Agua destilada
0 mg/ml	0 $\mu$ L	1000 $\mu$ L
0,125 mg/ml	4 $\mu$ L	996 $\mu$ L
0,250 mg/ml	8 $\mu$ L	992 $\mu$ L
0,5 mg/ml	16 $\mu$ L	984 $\mu$ L
1,0 mg/ml	33 $\mu$ L	967 $\mu$ L

Se realizaron las lecturas de absorbancia a cada concentración de glucosa, con un espectrofotómetro con lectura 620 nm, utilizando el mismo procedimiento realizado para las muestras de brotes.

En base a las concentraciones de glucosa (x) y a las absorbancias (y) se obtuvo la siguiente ecuación lineal, con un  $R^2$ : 0,99.

$$\text{Absorbancia: } 0,008725 + 0,2674 X \text{ (concentración mg/ml)}$$

### 3.7.2 En flores

Al inicio de la etapa de floración, cada dos semanas se seleccionaron al azar flores de los distintos niveles de carga frutal, durante los meses de octubre, noviembre y diciembre. Para obtener el contenido de azúcar, las muestras florales se sometieron al mismo protocolo Antrona utilizado en brotes.

## 3.8 Determinación del contenido de Nitrógeno:

### 3.8.1 En flores

#### 3.8.1.2 Obtención de las muestras

Cada quince días, durante los meses de octubre, noviembre y diciembre, se seleccionaron flores de los distintos niveles de carga frutal para determinar su

concentración de nitrógeno, a través del análisis de KJELDAHL. El análisis se llevó a cabo en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Pontificia Universidad de Valparaíso.

Se realizaron por fecha tres análisis de nitrógeno por cada nivel de carga frutal, más la solución control.

Las flores obtenidas en terreno fueron sometidas a una deshidratación con una estufa Binder a 60 °C y a una molienda con un mortero de martillo. Por fecha se obtuvo un total de nueve muestras florales de 0,5g cada una.

#### 3.8.1.3 Procedimiento del análisis KJELDAHL

A cada muestra se les agregó 1 g de catalizador, compuesto por sulfato de sodio, sulfato de cobre, ácido salicílico y selenio, para luego ser sometidas a una digestión mediante Ácido sulfúrico al 98% y a una destilación. Para la destilación se extrajeron 20 ml de cada muestra y se les aplicó 10 ml de ácido bórico (indicador), para luego ser destiladas a 75 ml.

El contenido de nitrógeno se obtuvo a través de una titulación realizada con ácido clorhídrico 0,01 M, donde el cambio de color de la muestra, de verde a violeta, indica el contenido de nitrógeno.

### 3.8.2 En brotes

Se seleccionaron al azar seis brotes de cada nivel de carga, y se les midió el contenido de nitrógeno presente, en dos fechas distintas (22 julio y 12 agosto), período en que las yemas se encuentran en proceso de diferenciación floral.

Para obtener el contenido de nitrógeno, las muestras florales se sometieron al mismo protocolo Kjeldahl utilizado en flores.

## 3.9. Determinación del contenido de Boro en flores:

### 3.9.1 Obtención de las muestras

La segunda semana de noviembre, durante la época de floración, se seleccionaron flores de los diferentes niveles de carga frutal.

Las flores se sometieron a una deshidratación a 60°C en una estufa Binder, y a una molienda, utilizando para ello un mortero.

Por carga se realizaron 5 muestras florales de 1g cada una, obteniendo un total de 15 muestras más una solución control.

### 3.9.2 Procedimiento del análisis de Boro

Las muestras florales se llevaron a una mufla a 500°C por ocho horas para ser calcinadas. A las muestras se les agregó 1 ml de agua destilada, 10 ml de ácido clorhídrico y se llevaron a hervir a 100°C.

La solución obtenida en cada muestra se trasvasijó a 50 ml y se le agregó un tampón de boro, el cual estaba constituido por 250 g de acetato de amonio, 15 g de EDTA, 400 ml de agua destilada y 125 ml de ácido acético.

A las 15 muestras más el blanco se les aplicó 2 ml de asomatina (indicador).

Posteriormente después de 30 minutos se leyeron la absorbancias en un espectrofotómetro de 420 nm.

### 3.9.3 Obtención de la Curva patrón

Se tomaron 2 ml de distintas concentraciones de boro (0ppm, 0,4ppm, 0,8ppm, 1,2ppm, 1,6ppm), y se les agregó 2 ml de asomatina (indicador); luego de 30 minutos, se leyeron las absorbancias de cada concentración con un espectrofotómetro de 420 mn.

En base a las concentraciones de boro y a las absorbancias respectivas, se obtuvo con un  $R^2$  de 0,99 la siguiente ecuación lineal:

$$\text{Absorbancia} = 97,36 - 28,125 X (\text{concentración ppm})$$

### 3.10 Determinación del contenido de Zinc:

#### 3.10.1 Obtención de las muestras y procedimiento del análisis de Zinc

Las muestras florales, obtenidas de la misma forma que en el análisis de boro, se llevaron a una mufla a 500°C por ocho horas para ser calcinadas. A las muestras se les agregó 1 ml de agua destilada, 10 ml de ácido clorhídrico y se llevaron a hervir a 100°C. La solución obtenida en cada muestra se trasvasió a 50 ml.

Posteriormente, se leyeron los datos directamente en un equipo de absorción atómica.

#### 3.11. Cuantificación del crecimiento vegetativo originado a partir de las inflorescencias indeterminadas:

Se seleccionaron en forma aleatoria tres árboles de palto por cada nivel de carga frutal, a los cuales se les cuantificó en cuatro brotes, el largo del crecimiento vegetativo originado a partir del ápice de la yema terminal, mediante un pie de metro. Las mediciones se realizaron durante los meses de octubre, noviembre y diciembre, cada quince días (Anexo 8).

### 3.12. Diseño estadístico:

Para determinar la relación existente entre el número de frutos y el número de flores se realizó una Regresión Lineal Simple (R.L.S), donde la variable independiente es el número de flores y la variable dependiente es el número de frutos presentes en el árbol.

Para determinar la calidad nutricional de los brotes y tejido floral, el porcentaje de cuaja, el crecimiento vegetativo acumulado de las inflorescencias indeterminadas y las mediciones de PAR, se realizó un análisis de varianza Multifactorial con una significancia de 95%, para ello se utilizó el programa Statgraphics plus 5,1.

Los datos entregados en porcentaje se transformaron a distribución normal mediante la fórmula de arcoseno ( $\sqrt{\%}$ )

## 4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. Determinación del contenido de nitrógeno y azúcares totales en brotes portadores de yemas florales:

#### 4.1.1. Cuantificación de nitrógeno

En el Cuadro 4 se observa que los valores porcentuales del contenido de nitrógeno difieren significativamente entre las distintas situaciones de carga. El menor valor se observó en aquellos brotes pertenecientes a los paltos con baja carga de fruta.

Cuadro 4. Contenido de nitrógeno en brotes proveniente de paltos con distintas intensidades de carga frutal (julio).

Carga	Contenido de Nitrógeno (%)
Alta	1,65 a
Media	1,83 b
Baja	1,52 c

\*Letras distintas indican diferencias significativas, según Test LSD ( $P \leq 0,05$ ).

\*Para el análisis estadístico se realizó la transformación de los porcentajes de nitrógeno a distribución normal mediante la fórmula del arcoseno ( $\sqrt{x}$ ).

El Cuadro 5 indica que sólo los brotes de árboles con menor número de frutos, presentan diferencias porcentuales de nitrógeno con los brotes pertenecientes a los paltos con alta y media carga frutal. El menor valor se observó en árboles con baja carga.

Cuadro 5. Contenido de nitrógeno en brotes provenientes de paltos con distintas intensidades de carga frutal (agosto).

Carga	Contenido de Nitrógeno (%)
Alta	1,37 a
Media	1,38 a
Baja	1,22 b

\*Letras distintas indican diferencias significativas, según Test LSD ( $P \leq 0,05$ ).

\*Para el análisis estadístico se realizó la transformación de los porcentajes de nitrógeno a distribución normal mediante la fórmula del arcoseno ( $\sqrt{x}$ ).

Como se puede observar en el Cuadro 6 el contenido de nitrógeno en los brotes provenientes de los tres niveles de carga, varían a lo largo del tiempo, disminuyendo significativamente.

Cuadro 6. Variación en el tiempo del contenido de nitrógeno proveniente de los brotes de palto de los distintos tratamientos.

Carga	Contenido de Nitrógeno (%)	
	Julio	Agosto
Alta	1,65 a	1,37 b
Media	1,83 a	1,38 b
Baja	1,52 a	1,22 b

\*Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas, según Test LSD ( $P \leq 0,05$ ).

El promedio general de nitrógeno de los brotes fue de 1,5%, porcentaje que coincide con LOVATT (1995), quien señala que el nitrógeno de los brotes varía entre 0,78 a 1,53%, dependiendo de su tamaño.

Los resultados obtenidos en este ensayo indican que, el contenido de nitrógeno existente en los brotes portadores de yemas florales, difieren según el número de fruta presente y evoluciona a lo largo de la temporada, disminuyendo significativamente.

GONZALEZ (1994) y CARRILLO (1995) afirman que la diferenciación floral en la zona de Quillota se produce a partir del mes de abril, prolongándose hasta el mes de septiembre; por lo que, el descenso de nitrógeno observado en la segunda fecha, se explicaría en el hecho de que en las yemas florales estaría ocurriendo dicho proceso; en donde el palto demandaría mayor o menor contenido por este elemento, según el número de frutos presentes en el árbol.

BERNIER, KWET, ROY (1981) señalan que la nutrición mineral es un factor cualitativo que condiciona la promoción de la floración, y que el nitrógeno es el elemento activo más importante en el proceso de iniciación floral. Los mismos autores afirman que el proceso de la floración, en algunas especies, se encuentra más directamente relacionado con la disponibilidad de nitrógeno. Estas afirmaciones corroboran que el nitrógeno se encuentra relacionado con el desarrollo de las flores.

LOVATT (1995), a través de temperaturas, logró aumentar los niveles foliares de amoníaco, sin embargo, no pudo determinar si los contenidos de amoníaco son importantes para la inducción floral en el palto. Según los resultados obtenidos durante el proceso de diferenciación floral, el palto demandaría parte del nitrógeno de reserva presente en los brotes.

Los brotes provenientes de árboles con baja carga, presentaron los menores valores en ambas fechas de medición, ya que estos brotes utilizarían una mayor cantidad de nitrógeno.

Esta afirmación se fundamenta en que los árboles con menor número de frutos, presentan un mayor número de yemas florales en proceso de diferenciación floral (Cuadro 10). CARRILLO (1995) afirma que árboles con baja carga presentan una floración superior en comparación a los de alta carga, por lo que la presencia de mayor cantidad de centros florales, implicaría que el árbol recurriera a una mayor cantidad de nitrógeno de reserva para sustentar la diferenciación e iniciación floral en cada punto; lo cual explicaría el menor contenido de nitrógeno de reserva en sus brotes.

Por el contrario, los árboles con alta y media carga frutal, presentan los mayores niveles de nitrógeno de reserva en brotes, ya que los árboles con mayor cantidad de frutos presentan un menor número de yemas florales, por ende menor demanda por el elemento.

#### 4.1.2 Cuantificación de azúcares totales

El Cuadro 7 muestra que, el contenido de azúcares en los brotes provenientes de los distintos tratamientos, difieren entre sí. El mayor valor se observó en los árboles con baja carga de fruta.

Este resultado indica que existe un efecto del número de frutos presentes en el árbol sobre el contenido de azúcar existente en sus brotes.

Cuadro 7. Contenido de azúcares totales en brotes provenientes de paltos con distintas intensidades de carga frutal (julio).

Carga	Contenido de azúcar (mg/g peso fresco)
Alta	236,5 a
Media	186,5 b
Baja	267,5 c

\*Letras distintas indican diferencias significativas, según Test LSD ( $P \leq 0,05$ ).

En el Cuadro 8 se observa que, el contenido de azúcar difiere totalmente entre las cargas, al igual que los análisis realizados en julio. El contenido de azúcar en los árboles de baja carga es inverso al primer análisis.

Cuadro 8. Contenido de azúcares totales en brotes provenientes de paltos con distintas intensidades de carga (agosto).

Carga	Contenido de azúcar (mg/g peso fresco)
Alta	150 a
Media	115 b
Baja	75 c

\*Letras distintas indican diferencias significativas, según Test LSD ( $P \leq 0,05$ ).

Al igual que los resultados obtenidos en los análisis de nitrógeno, cada nivel de carga presenta diferencias de concentración de azúcares totales entre las distintas fechas, lo cual indica que el azúcar existente en los brotes portadores de yemas florales varía, disminuyendo, a lo largo de la temporada (Cuadro 9).

Cuadro 9. Variación en el tiempo del contenido de azúcar de los brotes provenientes de los distintos tratamientos.

Carga	Contenido de azúcar (mg/g peso fresco)	Contenido de azúcar (mg/g peso fresco)
	Julio	Agosto
Alta	236,5 a	150 b
Media	186,5 a	115 b
Baja	267,5 a	75 b

\*Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas, según Test LSD ( $P \leq 0,05$ ).

GONZALEZ (1994) y CARRILLO (1995) señalan el mes de abril como fecha inicial del proceso de diferenciación floral y septiembre como fecha culmine. Según los resultados obtenidos, esto se debería a que ya en agosto se ha demandado gran parte del azúcar presente en los brotes, por lo que, este proceso se prolongaría según el contenido de carbohidratos, hasta mediados de agosto y septiembre.

El promedio general de azúcares en los brotes fue de 171 mg/g, cifra similar a la obtenida por ARPAIA *et al.* (2002), quien señala que la suma de los azúcares (sacarosa, hexosa, menoheptulosa y perseitol) es de 170,6 mg/g

ARPAIA *et al.* (2002) afirma que los órganos principales del palto a excepción de las flores presentan una gran cantidad de azúcares de siete carbonos en su composición y que los brotes están compuestos en un 61,3% de estos azúcares.

Según los resultados obtenidos en este ensayo, la concentración de azúcar existente en los brotes portadores de yemas florales de los paltos, varía

según el contenido de fruta presente. SCHOLEFIELD, SEDGLEY y ALEXANDER (1985) determinaron que los niveles de hidratos de carbonos se encuentran fuertemente y negativamente influenciados por la magnitud de la carga frutal, como también la iniciación floral en un año de gran producción.

Ensayos realizados por VAN der WALT, DAVIE y SMITH (1993) señalan que durante un año de baja carga, los árboles acumulan mayor cantidad de reservas durante los meses de primavera, como resultado de la baja demanda al existir menor número de frutos, lo cual explica el mayor contenido de azúcares totales existentes en los brotes pertenecientes a los árboles de baja carga en la primera fecha, ya que durante la temporada anterior, los tallos con baja cantidad de fruta acumularon mayores concentraciones de carbohidratos, al presentar menor gasto de energía y menor competencia entre los distintos órganos por la existencia de menor número de frutos.

Por el contrario, para la segunda fecha, los árboles con menor número de frutos presentan los menores contenidos de azúcares, ya que los tallos con baja carga requieren un mayor gasto de azúcares de reserva para el proceso de la diferenciación floral. BERNIER, KWET y ROY (1981) señalan que la iniciación floral requiere de concentraciones relativamente altas de carbohidratos.

En especies en que su área foliar se desarrolla posterior a la floración, la brotación inicial, la floración y el primer desarrollo del fruto, dependen de las reservas; el crecimiento posterior, la maduración del fruto, dependen de las hojas de los brotes (KOZLOWSKI, KRAMER, 1979).

En manzano, la promoción de CO<sub>2</sub> y el suministro de sorbitol durante el mes siguiente a la floración en árboles con alta carga, han favorecido la inducción y diferenciación floral (LAKSO, 1994).

Por el contrario, GOLDSHMIDT y MONSELISE (1992) afirman que el proceso de diferenciación floral no pareciera requerir de mucha energía, sin embargo, es posible que el proceso de diferenciación floral en una panícula no utilice gran cantidad de carbohidratos, pero si existe mayor número de flores, la energía total utilizada para llevar a cabo el proceso de diferenciación en todos los centros florales debiera aumentar significativamente; lo cual revela que la energía que se requiere a partir de los azúcares para la diferenciación y formación floral, es directamente proporcional a la cantidad potencial de flores.

#### 4.2. Determinación del número de flores producidas, en función a la carga frutal presente:

La Figura 4 presenta el número de flores producidas por los árboles correspondientes a cada tratamiento, en donde se observa que los árboles con baja carga, presentan mayor número de flores que los árboles con mediana y alta carga frutal.

En todos los tratamientos, el “peak” de floración se observó durante la segunda semana de noviembre, ya que el comportamiento de la floración es independiente al nivel de carga frutal presente.

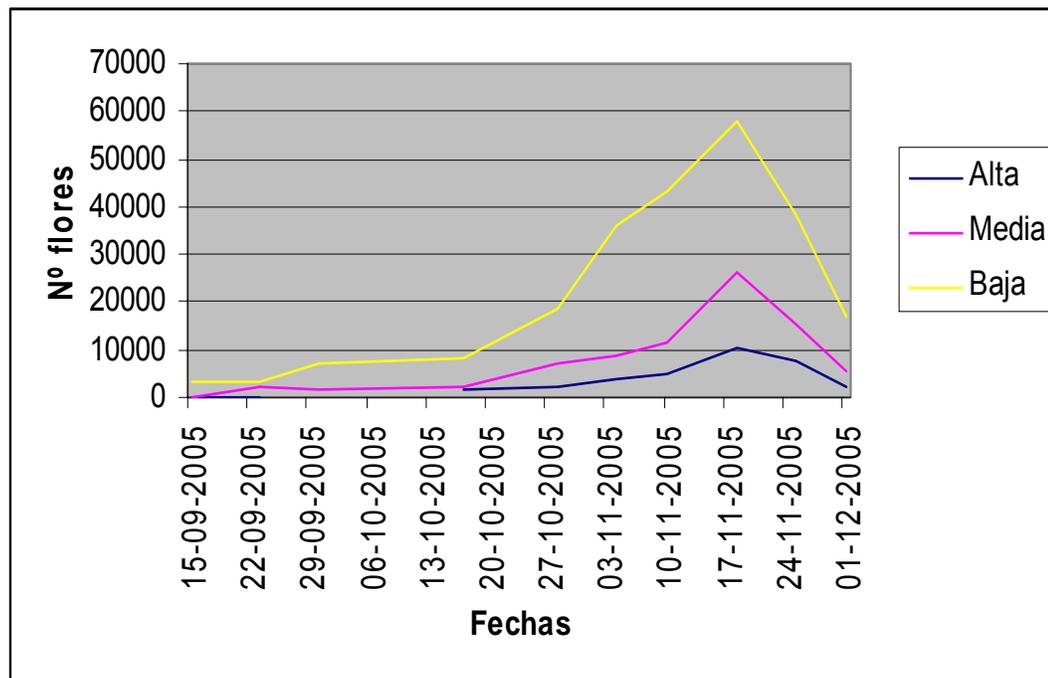


Figura 4. Comparación del número de flores producidas por árboles de palto, proveniente de diferentes cargas frutales, en distintas fechas durante el período de floración.

GIL (2000) señala que la inducción, la evocación floral y la diferenciación morfológica son las etapas del desarrollo de las flores, las cuales no se verían afectadas por el número de frutos presentes en los árboles; las distintas intensidades de carga sólo afectarían la cantidad final de flores producidas y no el proceso de producción.

Ensayos realizados por GARCÍA (1996) indican que la floración del palto en cv Hass, se inicia la tercera semana de agosto y finaliza la última semana de diciembre.

Según lo observado en el presente ensayo el desplazamiento de la floración, se debería a las menores temperaturas registradas en la temporada, en comparación a otras anteriores. STOUT (1923) y BERGH (1969) señalan que el ciclo floral está fuertemente influenciado por las condiciones climáticas, cualquier cambio en el clima afecta la continuidad, regularidad y secuencia del ciclo floral.

Según el gráfico de la Figura 4, el inicio de la caída de floral, difiere entre los distintos niveles de carga. Las primeras flores colectadas, correspondieron a los tratamientos de baja y media carga frutal; en cambio, las flores de árboles de alta carga, comenzaron a ser colectadas un mes más tarde; lo cual indica que el inicio e intensidad de la caída floral, es dependiente del número de flores presentes en los árboles, el que a su vez, estaría influenciado por la cantidad de frutos presentes.

Este resultado es similar a lo que sucede en cítricos. AGUSTÍ (2003) determinó que, a medida que la floración aumenta, la caída de órganos se anticipa y se hace más intensa.

El Cuadro 10, relaciona el número de flores totales colectadas con el número de frutos contabilizados al inicio de la temporada. La mayor cantidad de flores correspondieron a paltos con menor número de frutos.

Cuadro 10. Estimación directa de flores producidas por árbol versus cantidad de frutos presentes al inicio de temporada.

Carga frutal	Nº de frutos	Nº flores
Alta	307	13.627
Alta	273	41.709
Alta	250	42.608
Alta	243	44.490
Media	165	54.714
Media	154	87.922
Media	135	97.051
Media	123	111.588
Baja	62	138.629
Baja	24	186.215
Baja	34	280.776
Baja	42	325.439

Los paltos con baja carga de fruta, presentaron los mayores niveles de floración, con un promedio de 232.764 flores, cifra significativamente menor a lo señalado por DEGANI *et al.* (1986) y LOVATT (1994), quienes determinaron que un árbol de palto adulto puede producir más de un millón de flores.

La diferencia entre las cantidades observadas por estos autores y las determinadas en esta investigación, se debería a que los árboles sometidos a

ensayo, presentan un menor tamaño, al estar plantados en alta densidad, generándose así una menor cantidad de estructura vegetativa de soporte; limitando así, el número total de flores.

En la actualidad, los paltos se plantan a mayor densidad existiendo aún problemas por sombreamiento, haciéndose necesario utilizar manejos y técnicas de poda. (STASSEN, 1995).

El Cuadro 11 presenta la producción anual registrada en el huerto en estudio, donde al parecer los manejos de poda generarían mayor eficiencia.

Cuadro 11. Producción acumulada de huerto en estudio, a partir del tercer año desde plantación.

Año	Kilógramos /ha
1997	2.605
1998	5.039
1999	8.516
2000	11.601
2001	24.389
2002	5.266
2003	1.420
2004	21.565

Producto del emboscamiento y con el objetivo de renovar y mantener producciones estables en el tiempo, los paltos fueron sometidos a una fuerte poda, durante los años 2002 y 2003; lo que determinó las bajas producciones.

Cuando la poda se hace en forma constante, el número potencial de flores (Cuadro 10) se reduce, lo cual explicaría el mayor número de flores

registradas por DEGANI (1986) y LOVATT (1994). El manejo de poda implica un aumento de la eficiencia productiva.

La Figura 5 relaciona el número de frutos presentes y el número de flores producidas, reflejándose el fenómeno de alternancia que caracteriza al palto.

La mayor cantidad de flores observada en los árboles de baja carga, se debería al menor desgaste de éstos, a lo largo de la temporada de crecimiento del fruto, lo cual permitiría acumular una mayor concentración de reservas y nutrientes para apoyar el proceso de diferenciación floral.

VAN der WALT, DAVIE, SMITH (1993) señalan que árboles con baja productividad, acumulan más nutrientes que árboles con mayor número de frutos, lo cual les permite desarrollar mayor intensidad de floración.

Los árboles de palto tienden a florecer en gran cantidad durante algunos años, lo cual trae como resultado una gran cosecha, pero con una alta proporción de fruta pequeña. Este exceso de floración está generalmente acompañado de poca cantidad de hojas y una alta proporción de flores determinadas (MORUDU, ROE, 1999).

De ahí que la reducción en intensidad de floración determinada en este estudio promueve mayor eficiencia en el proceso de cuajado y crecimiento de frutos.

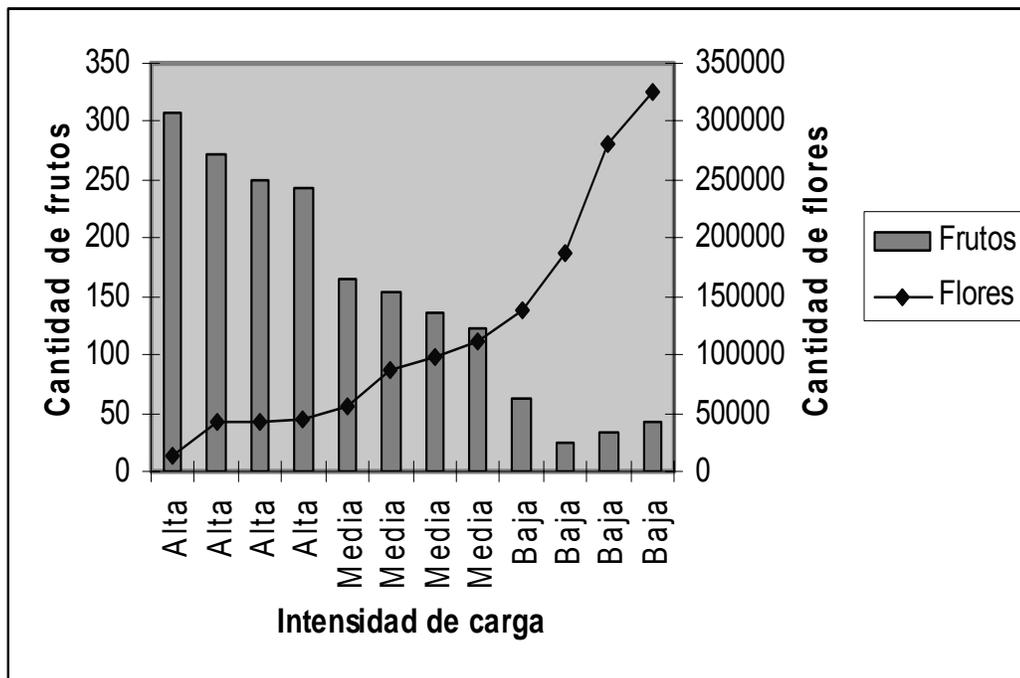


FIGURA 5. Efecto de la carga frutal sobre la producción de flores.

PAZ - VEGA (1997) establece que la floración y el crecimiento de fruta utilizan grandes cantidades de carbohidratos. Así, un déficit de éstos limitaría estos procesos y tendría como resultado eventualmente producción alternada.

Ensayos realizados por SCHOLEFIELD, SEDGLEY, ALEXANDER (1985) demostraron que un año con baja producción fue seguido por altas concentraciones de almidón en la madera. Por el contrario, KAISER y WOLSTHENHOLME (1995), señalan que existe una baja correlación entre los niveles de almidón y carga frutal del palto.

Por otra parte, la menor intensidad de floración observada en árboles con alta carga, también podría deberse al mayor contenido de giberelinas presentes en los árboles. AGUSTÍ (2003) indica que en cítricos, la presencia de fruta en variedades añeras, podría modificar el balance hormonal, a través de la síntesis de giberelinas.

PAZ - VEGA (1997) establece que los reguladores de crecimiento (PGR's) producidos por la semilla del palto, son principalmente las giberelinas, éstas inhibirían la iniciación floral en un año de alta carga.

DAVIE, VAN der WALS, SMITH (1993) señalan que el ácido giberélico producido en exceso por el endocarpio y el embrión de los frutos en un año de alta carga, limita la floración.

HOAD (1983), menciona que el balance hormonal endógeno, podría ser más condicionante en el control de la floración que los niveles de carbohidratos.

El aumento de giberelina, producido en la semilla durante un año de gran producción de fruta, inhibe la inducción floral, sin embargo, la giberelina en

conjunto con una baja concentración de reservas, condicionaría la baja formación de flores (DAVIE, VAN der WALS, SMITH 1993).

Por otra parte, CARRILLO (1995) menciona que el número de ejes secundarios de las panículas determinan su ramificación y por ello el número de flores que potencialmente serán formadas, donde la carga de fruta produce un efecto sobre éstos. CARRILLO (1995) observó que los árboles con baja carga, presentaron un mayor número de ejes secundarios en las yemas, lo que también explicaría, el mayor número de flores producida por los árboles pertenecientes al nivel de baja carga. Por lo tanto la reducción en el número de flores que significa la mayor densidad de plantas y la poda, estarían afectando positivamente la calidad del tejido floral, al disminuirse las relaciones de competencias.

#### 4.2.1. Establecimiento de modelo matemático que estima la producción de flores, en función a la carga de fruta presente en el árbol

A partir de la información presentada en el Cuadro 10, se realizó regresión lineal simple (Figura 6) para la cual se obtuvo la siguiente ecuación:

$$Y = 247548 - 853,095 X$$

En donde:

Y= Producción de flores esperada.

X= N° de frutos presentes por árbol al término del segundo período de ajuste fisiológico.

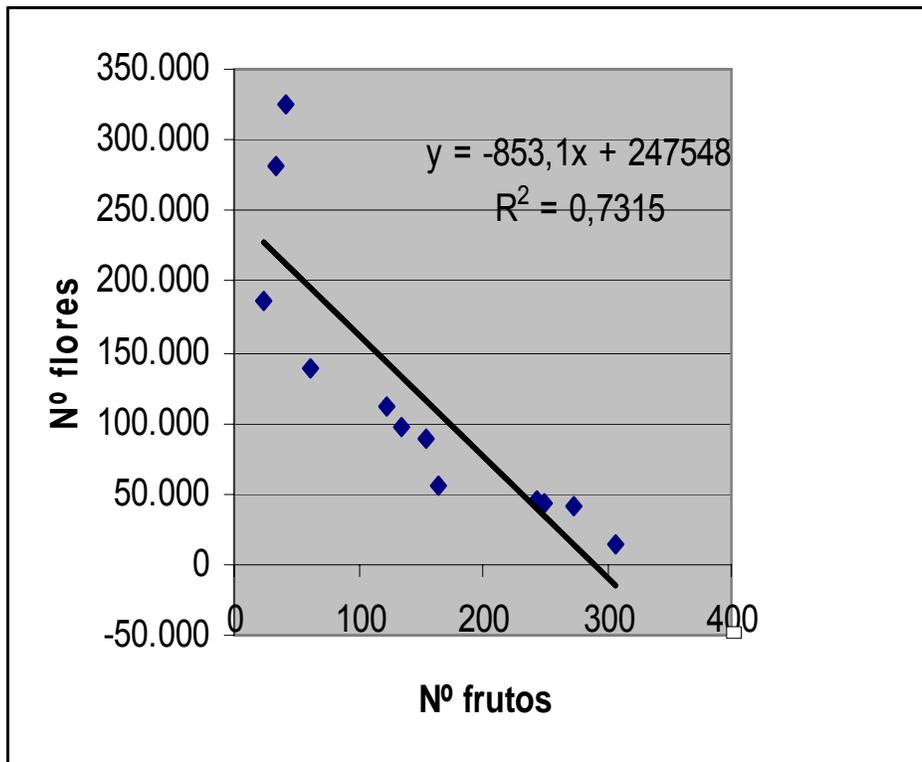


Figura 6. Ecuación lineal y factor de correlación entre el número de frutos y flores.

El factor de correlación supera el 0,7 ( $R^2= 0,73$ ), lo cual indica que existe una relación directa e inversamente proporcional entre el número de frutos presentes en el árbol, y el número total de flores producidas la temporada siguiente.

En resumen, la carga frutal determinó en alto grado el potencial de producción de flores.

#### 4.3. Determinación de la calidad nutricional en el tejido floral:

##### 4.3.1 Contenido de azúcares totales

Según el análisis estadístico realizado, el contenido de azúcar en el tejido floral, no difiere entre las situaciones de carga frutal, por ende, el número de frutos presentes en los árboles, no presentó un efecto sobre el contenido en azúcares del tejido floral la temporada siguiente.

En la Figura 7 se observa la evolución, durante el período de floración, del contenido de azúcares totales en el tejido floral, en donde el comportamiento de las curvas es similar para todos los tratamientos. A medida que avanza la floración, el contenido de azúcares en las flores disminuye independiente a la carga frutal, sin embargo, especialmente a partir de la segunda y tercera semana de noviembre las concentraciones aumentan.

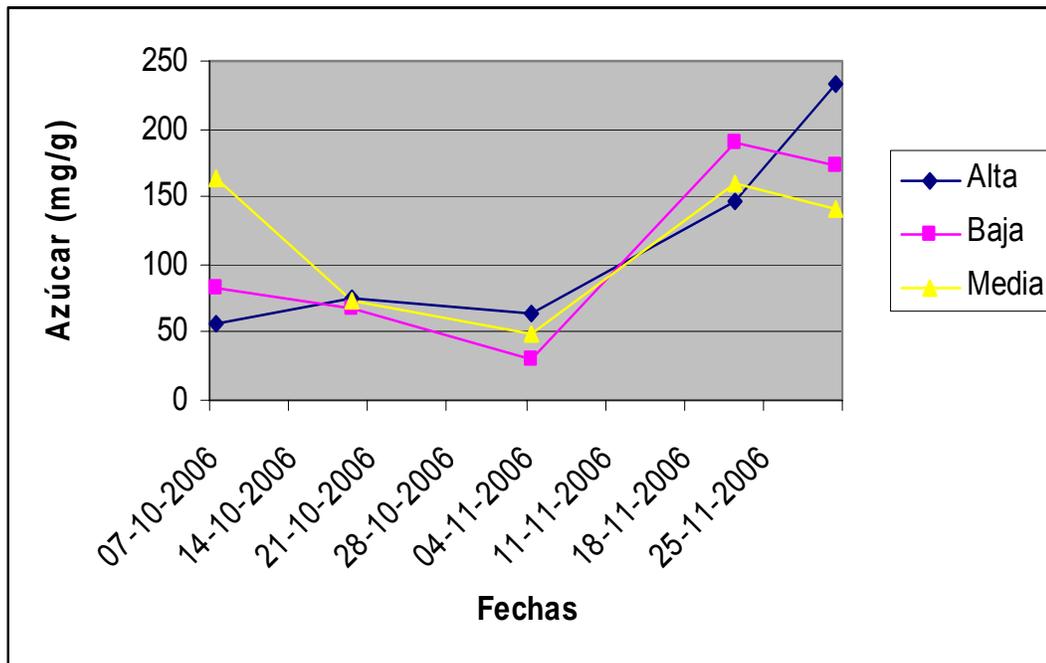


FIGURA 7. Evolución del contenido de azúcares totales en el tejido floral de palto, en función a la carga frutal, durante el período de floración (temporada 2005-2006).

El contenido medio de azúcares en el tejido floral fue de 113 mg/g peso fresco, valor menor a lo observado por ARPAIA *et al.* (2002), quien determinó un contenido de azúcares de 234 mg/g peso seco.

La diferencia entre ambos valores, se debería a los distintos métodos de extracción de azúcares utilizados. ARPAIA *et al.* (2002) utilizó para sus ensayos HPLC, en el presente ensayo se utilizó el método Antrona.

CASTILLO *et al.* (1998) cuantificó el contenido de azúcares totales en el mes de octubre, obteniendo 56,85 mg/g peso fresco, cifra similar a lo obtenido el 7 de octubre en flores pertenecientes a los árboles de alta carga (Figura 7).

ARPAIA *et al.* (2002), determinó que las flores presentan un 18,8% de azúcares de siete carbonos en su composición, porcentaje menor al que presentan hojas y brotes.

El nivel de almidón llega a un máximo poco tiempo antes de la floración, en cambio en los azúcares este nivel se alcanza un poco antes que el almidón. En invierno ambos ciclos de los azúcares y almidón están relacionados con los crecimientos y las demandas (LIU *et al.*, 1999).

En la Figura 8 se puede observar la relación entre el contenido de azúcares del tejido floral y la intensidad de floración, a lo largo de la temporada.

A medida que la intensidad de floración aumenta, los contenidos de azúcares totales disminuyen, lo cual indicaría que a mayor número de flores, menor es su contenido de azúcar; sin embargo, a partir de la segunda semana de noviembre (peak floración), el contenido de azúcares totales aumenta, independientemente del número de flores.

KAISER y WOLSTENHOLME (1995) determinaron que los contenidos de carbohidratos disminuyen, durante la floración y al inicio del crecimiento vegetativo; lo cual se ve reflejado en el gráfico de la Figura 8, al inicio de la floración, donde existe una notable disminución de azúcar en el tejido floral, al existir gran competencia entre el desarrollo de las flores y el crecimiento del ápice de la inflorescencia indeterminada, ya que la floración coincide con el crecimiento vegetativo de primavera, compitiendo por una fuente limitada de recursos (HERNANDEZ, 1991).

Ensayos realizados por CASTILLO *et al.* (1998) indicaron que los menores valores de azúcares totales registrados en hojas, se produjeron durante la primavera, lo que tendría que ver con la edad de las hojas, ya que éstas estarían en proceso de maduración, por lo que su función como demandante metabólico requería de suministro de energía siendo probable que se encontraran en esos momentos en fase de demanda a fuente.

La distribución de fotosintatos dentro de la planta está regulada por la interacción fuente-demanda, las flores tienen menor prioridad que los frutos y brotes en atraer fotosintatos. De hecho, el desarrollo inicial de la flor puede ser retrasado por competencia del crecimiento vegetativo (HO, 1992).

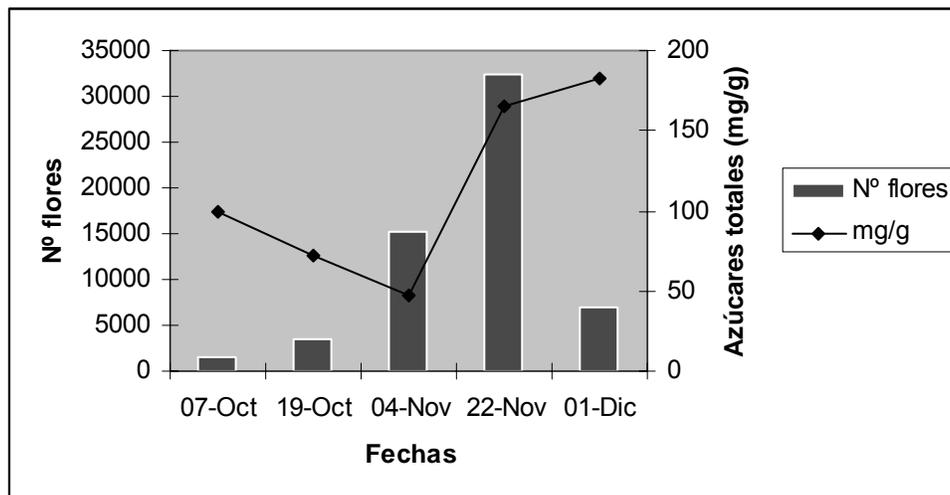


FIGURA 8. Evolución del contenido de azúcares totales en tejido floral de palto, en función a la floración.

El alza del contenido de azúcar durante el mes de noviembre, independiente de la carga de flores, se debería al transporte de fotosintatos desde las hojas nueva (WHILEY, 1990) hacia las flores, y a la mayor disponibilidad de nutrientes en el árbol.

Bajo una condición de mucha carga lo esperable sería que las últimas flores fueran de poca calidad.

La fase de transición de la hoja entre demanda y fuente se presenta hasta que ésta alcanza el 80% de su expansión total, lo que tarda aproximadamente 40 días, y la máxima actividad fotosintética se alcanza a los 60 días después de la apertura de yema (WHILEY, 1990).

En las inflorescencias indeterminadas, las flores y frutos compiten con las hojas, sólo hasta que éstas alcanzan 2/3 de su expansión total (WHILEY, 1990),

La segunda alza de azúcares ocurre al final de la floración y del flujo de crecimiento de brotes, lo que coincide con la disminución de almidón (LIU *et al.*, 2000), lo que explicaría entonces el alza de azúcar después del peak de floración.

#### 4.3.2. Contenido de nitrógeno

En la Figura 9 se observa el contenido de nitrógeno presente en el tejido floral, en tres situaciones distintas de carga frutal, durante la temporada de floración.

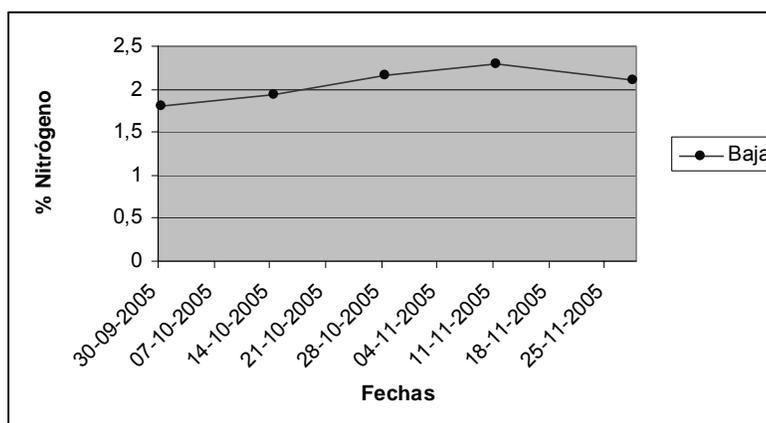
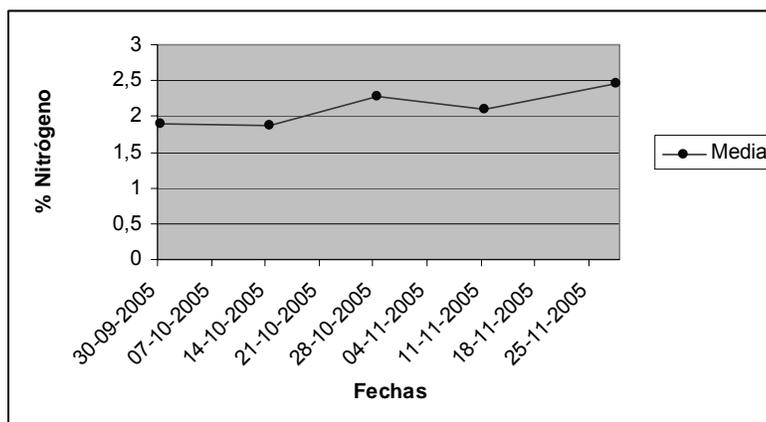
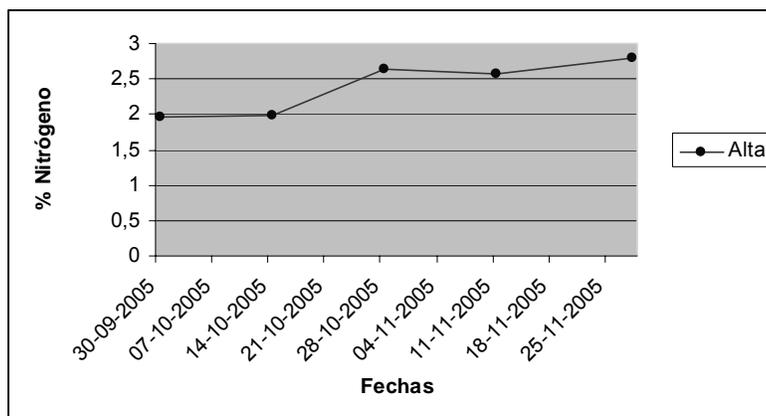


FIGURA 9. Evolución del contenido de nitrógeno total en tejido floral de palto, en función a la carga frutal presente.

El contenido de nitrógeno en el tejido floral, en los distintos tratamientos de carga frutal, no difiere significativamente; lo cual indica que el número de frutos presentes en los árboles no tiene un efecto sobre el contenido de este elemento en las flores como indicador de calidad.

El promedio de nitrógeno en el tejido floral fue de 2,19 %, porcentaje menor a lo obtenido por BARCENAS *et al.* (2003), quien determinó que el contenido de este elemento, durante los meses de primavera, varía entre 3,4 a 3,26 %. Sin embargo, el valor obtenido en el presente ensayo, es similar a lo obtenido en los meses de enero y febrero por el mismo autor, donde el contenido de nitrógeno en el tejido floral, fluctuó entre 2,09 y 2,56%.

FIGUEROA *et al.* (1997), señala que las flores ubicadas en la zona apical de la inflorescencia presentan 2,64% de nitrógeno, y las flores ubicadas en la zona basal, 2,57%.

Las hojas, durante los meses de primavera, presentan entre un 1 y 2,5 % de nitrógeno y las flores alrededor de un 3%, lo que indica que éstas, son altamente demandante por este elemento. Es por ello que las hojas presentan menor concentración durante la floración (BARCENAS *et al.*, 2003), las cuales fijan la mayor parte de nitrógeno y en segundo lugar las raíces y tronco SNIJDER y STASSEN (2000).

En la figura 9 se observa que la evolución del contenido de nitrógeno en los árboles es más bien constante, lo que coincide con lo observado por BARCENAS *et al.* (2003), quien señala que las concentraciones de nitrógeno en las flores, a lo largo de la temporada, son constantes a diferencias de las hojas, ya que éste es un órgano muy dinámico, donde las concentraciones de

los nutrientes están cambiando continuamente, influenciado por diferentes factores.

La Figura 10 indica que la intensidad de floración no presentó ningún efecto sobre el contenido de nitrógeno en el tejido floral. El porcentaje de nitrógeno se mantiene constante a lo largo de la floración, mientras que el número de flores llega a un máximo la segunda semana de noviembre para luego disminuir al final del mismo mes.

El palto pierde 2,04% de nitrógeno, equivalente a 56,5 g/árbol, debido a la abscisión de flores, por lo que es importante suplementar esta falta con fertilización nitrogenada. LOVATT (2000) distingue dos estados críticos para fertilización nitrogenada vía riego, anthesis, cuajado e iniciación del crecimiento vegetativo de los brotes del ápice de las inflorescencias indeterminadas (mes de octubre).

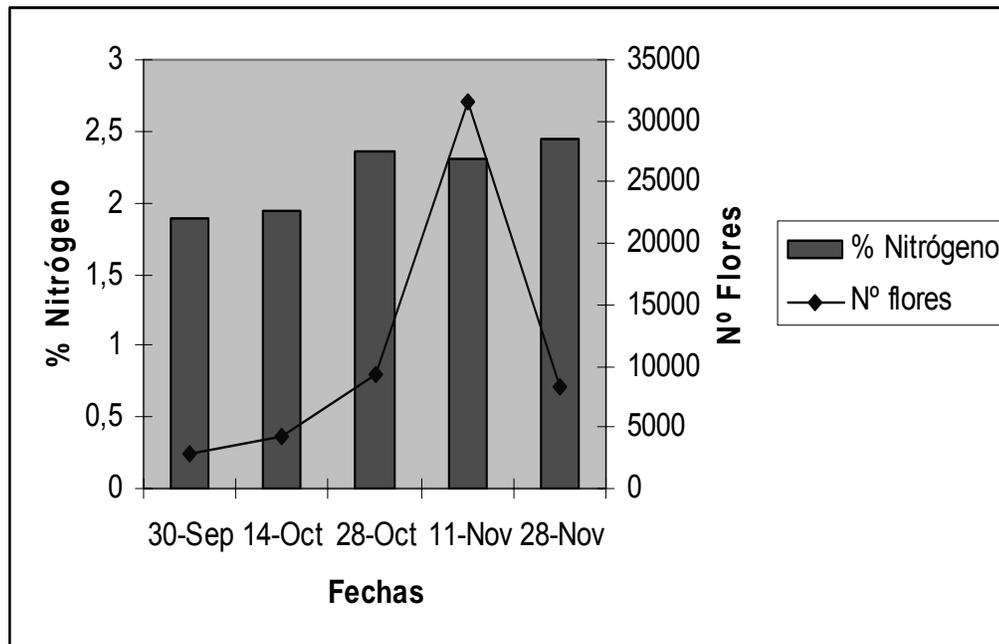


FIGURA 10. Contenido de nitrógeno en tejido floral de palto, a lo largo del período de floración.

#### 4.3.3. Contenido de Boro y Zinc

Las Figuras 11 y 12 muestran los contenidos de boro y zinc obtenidos en flores provenientes de las distintas intensidades de carga frutal. En el caso del boro, la concentración en las flores pertenecientes a los árboles de alta carga, presentó diferencias significativas en los paltos con mediana y baja carga; en cambio, la concentración de zinc en flores de árboles con baja carga, presentó diferencias significativas con los niveles de alta y media carga.

El promedio general de concentración de boro fue de 35,7 ppm /peso seco, concentración similar a lo obtenido por BARCENAS *et al.* (2003) y CASTILLO *et al.* (1998), quienes obtuvieron concentraciones entre los 33 y 37 ppm/p.s, sin embargo, estas cifras son menores a las presentadas por ROBBERTSE *et al.* (1990), quien al realizar un ensayo semi in vivo, demostró que para obtener un adecuado crecimiento del tubo polínico, las flores debieran presentar concentraciones de boro entre 50 – 100 ppm, situación que en Chile es difícil de alcanzar CAUTÍN (2005).

Según los resultados expresados en la Figura 11 y 12, los paltos con menor número de frutos al inicio de la temporada, presentaron las menores concentraciones de boro y zinc; en cambio los árboles con alta carga, las mayores concentraciones. Por ende, el contenido de ambos elementos es directamente proporcional a la cantidad de fruta presente en los árboles.

\* Cautín R. Ing. Agr. 2005. Profesor Universidad Católica de Valparaíso. Comunicación personal.

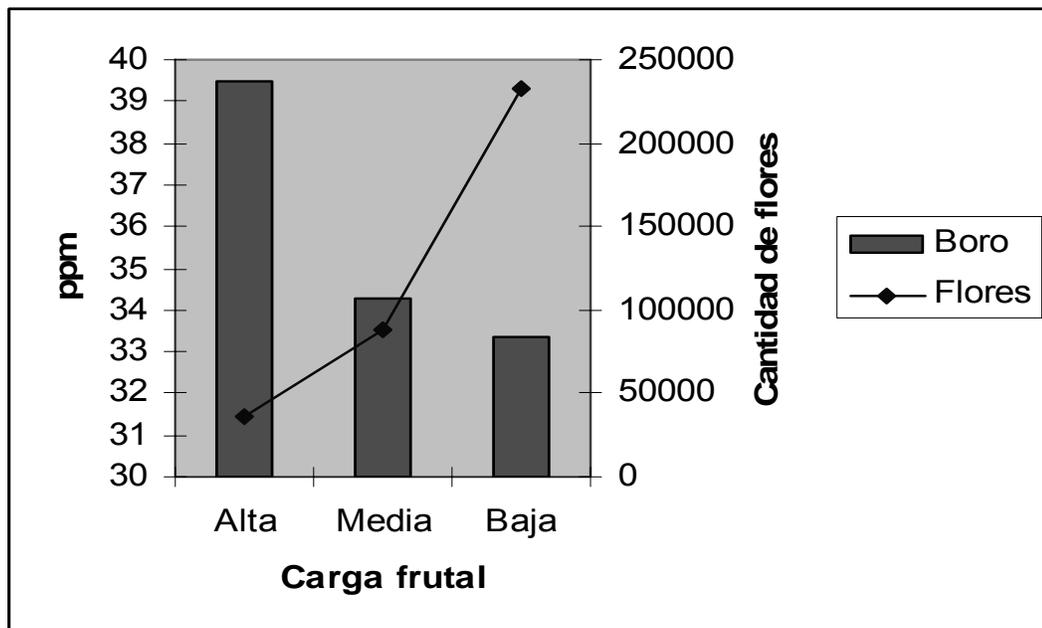


FIGURA 11. Contenido de Boro en tejido floral de palto, en función a la carga frutal y floral presente.

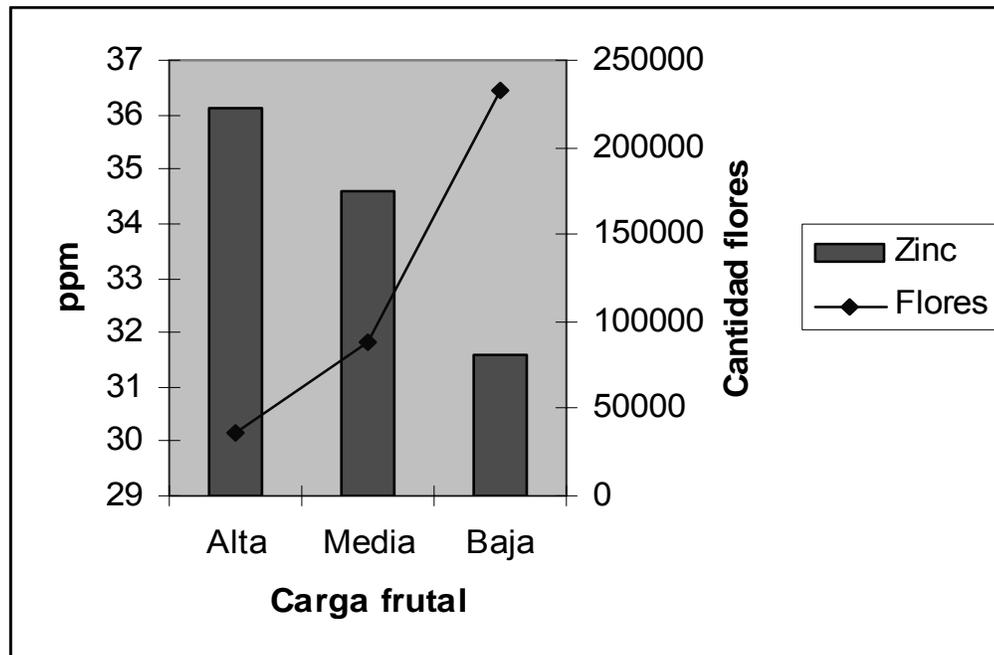


FIGURA 12. Contenido de Zinc en tejido floral de palto, en función a la carga frutal y floral presente.

La menor concentración de ambos micronutrientes en paltos con baja carga, se debe al mayor número de flores presentes (Cuadro 10), es por esto que en los paltos con alta carga, al presentar floración menos intensa, el boro y el zinc se concentran en mayor cantidad.

El tejido floral es un gran demandante en boro y zinc, por esto, al aumentar su número, se eleva también la demanda por ambos elementos, lo cual explica las menores concentraciones en árboles con una gran cantidad de panículas.

WHILEY (1990), demuestra que durante la floración, las hojas disminuyen su concentración de zinc y que las panículas pueden presentar entre un 88 y 180% más de zinc que las hojas, durante la antesis.

BARCENAS *et al.* (2003) afirma que las flores de palto demandan una mayor cantidad de boro que las hojas y frutos, por el contrario según ensayos realizados por CASTILLO *et al.* (1998), las flores presentarían una menor concentración de este elemento que las hojas.

El boro es un elemento determinante para la fecundación. BARCENAS *et al.* (2003) afirma que es un nutriente muy importante para la floración y formación del tubo polínico.

Por otra parte, FAUST (1989) observó que el boro además de ser esencial para la germinación del polen y para el crecimiento del tubo polínico, incrementa la división celular y la síntesis de ácidos nucleicos en el fruto en desarrollo, lo cual aumentaría la posibilidad de retención.

Al igual que el boro, el zinc juega un papel importante en la cuaja de los frutos, RODRÍGUEZ (1982) señala que las aplicaciones de zinc mejoran los

procesos enzimáticos de la germinación del polen y desarrollo del tubo polínico.

El Cuadro 12 muestra los porcentajes de cuaja en función a la carga frutal y floral, donde los paltos con menor número de flores (alta carga frutal) presentan los mayores contenidos de boro y zinc y los porcentajes de cuaja inicial más altos; en cambio, aquellos paltos con intensidades florales mayores presentan los menores niveles de boro y zinc. (Figura 13 y 14)

La carga frutal condiciona el contenido de boro y zinc en las flores, lo cual implicaría que las necesidades por estos elementos difieran, dependiendo el número de frutos que presente el árbol; por ende, las dosis a aplicar en un programa de fertilización, debieran ser mayores para aquellos paltos con bajo rendimiento, ya que se esperaría una intensa floración y una demanda por estos micronutrientes mayor que los paltos con un menor número de flores.

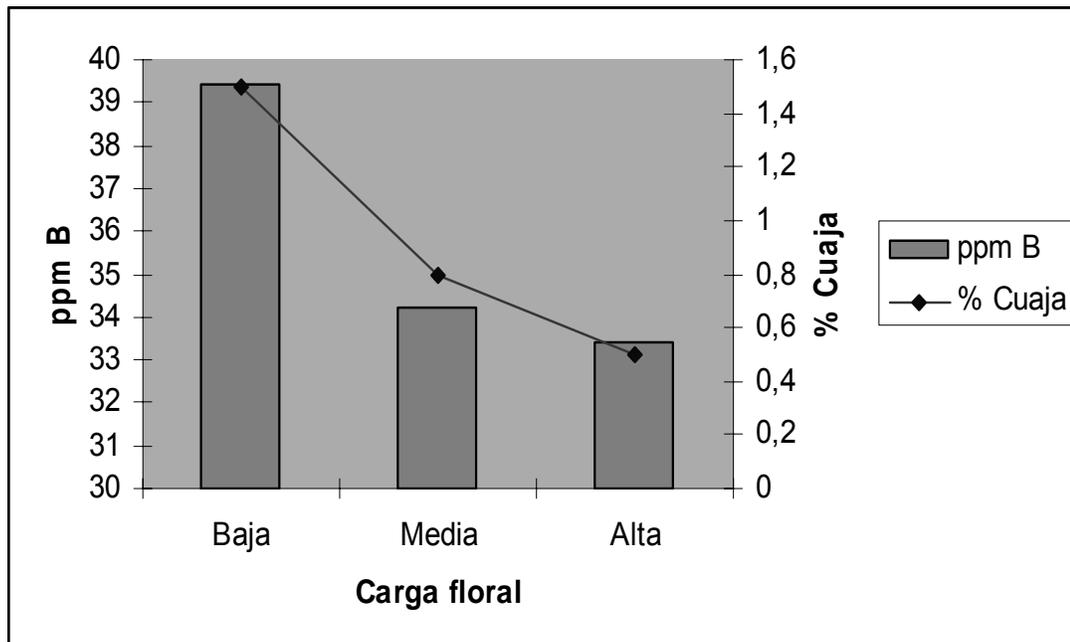


Figura 13. Relación entre el contenido de Boro en flores de palto versus porcentaje de cuaja, en función a la carga floral presente.

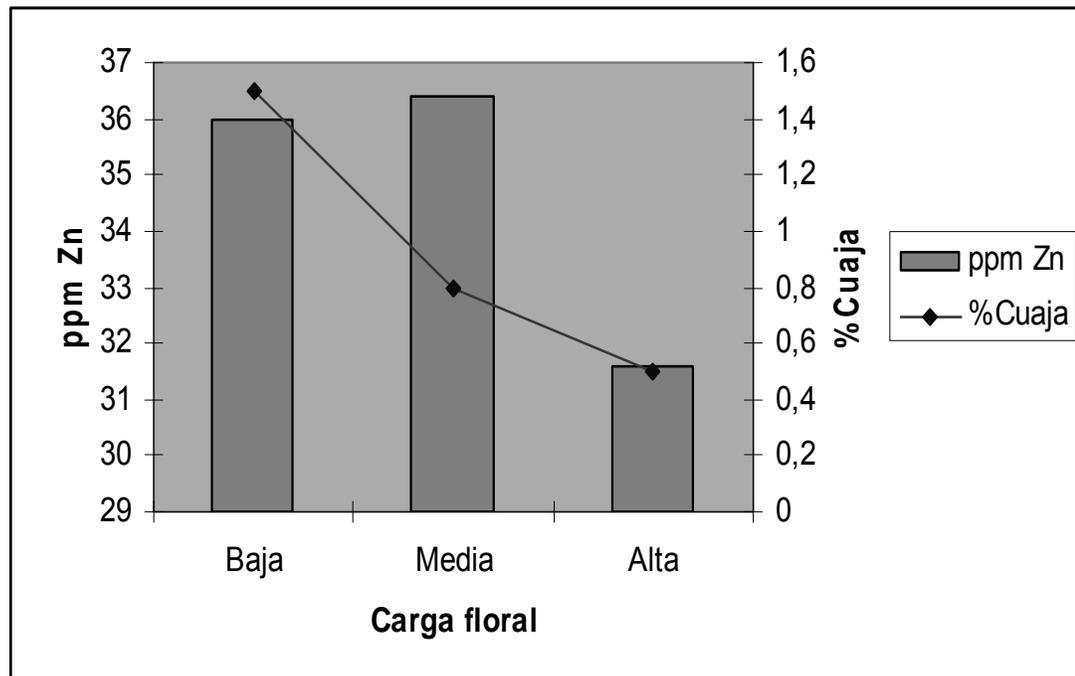


Figura 14. Relación entre el contenido de Zinc en flores de palto versus porcentaje de cuaja, en función a la carga floral presente.

#### 4.4. Determinación de cuaja de frutos, en función al nivel de carga frutal anterior:

Se cuantificaron los frutos cuajados/panícula en cada uno de los tratamientos. Los árboles con baja carga, presentaron menor número de frutos cuajados que los árboles de alta y media carga frutal.

En el Cuadro 12 el porcentaje de cuaja tendría directa relación con el número de frutos presentes en los árboles y cantidad de flores producidas.

Cuadro 12. Frutos de palto inicialmente presentes en la panícula (%), al término del primer ajuste fisiológico, en función a la carga de fruta y flores presente.

(Nº) Frutos/árbol	(Nº) Flores/árbol	Nº Flores cuajadas/ panícula	Cuaja/árbol (%)
307	13627	3	1,5 a
273	31709	3	1,5 a
250	42608	3	1,5 a
243	44490	3	1,5 a
165	54714	2	0,9 b
154	87922	2	0,9 b
135	97051	2	0,9 b
123	111588	2	0,9 b
62	138629	1	0,4 c
24	186215	1	0,4 c
34	280776	1	0,7 c
42	325439	1	0,5 c

Letras distintas indican diferencias significativas, según Test LSD ( $P \leq 0,05$ ).

El porcentaje de cuaja observado varía, entre 0,5 a 1,5%, lo cual no coincide con lo indicado por BLUMENFELD y GAZIT (1974), quienes señalan que la cantidad de fruta que cuaja es menos que el 0,1%. TAPIA (1993) en su trabajo sobre paltos cv. Hass, determinó que el porcentaje de cuaja en palto alcanza el 0,2%.

SEDGLEY (1980) señala que un palto adulto produce sobre 1,6 millones de flores, pese a esto, el cuajado de las flores es sólo entre un 0,001 a 0,23%.

Es importante considerar que, el número de frutos cuajados por panículas, cuantificados en el presente ensayo, corresponde al cuajado inicial, lo cual explicaría los elevados porcentajes de cuaja, en comparación a lo establecidos en otras investigaciones; aún así, mayores intensidades de floración no significan mayores cantidades de cuaja.

Estudios realizados por PEREZ (2003), establecen que la cantidad de frutos cosechado no varía sobre un cierto número de frutos cuajados y que el exceso de cuaja durante un año de alta floración, puede limitar la expansión temprana del área foliar, provocando una excesiva caída de frutos, y por ende menores rendimientos.

Ensayos realizados por AGUSTÍ (2003) en cítricos, determinan que sobre 125.000 flores por árbol el cuajado inicial y final disminuye considerablemente, también indica que la presencia de hojas es un factor importante en el cuajado, ya que sintetiza y exporta metabolitos al fruto en desarrollo.

El estado nutricional de los árboles es un factor endógeno determinante del cuajado.

La competencia por nutrientes, durante el desarrollo del ovario es un factor que limita la productividad de la especie (AGUSTÍ, 2003).

PAZ - VEGA (1997) afirma que la floración utiliza grandes cantidades de energía, por lo que un árbol con una elevada producción de flores, utilizaría gran parte de sus reservas y fotosintatos durante este proceso, limitando su fuente para el proceso de cuajado y crecimiento del fruto. Esto desencadenaría añerismo y/o baja producción, lo que explicaría los mayores porcentajes de cuaja en aquellos paltos con baja intensidad floral.

El éxito de la formación del fruto, durante los primeros 60 días después de la floración, depende de la disponibilidad de nutrientes, baja acumulación de elementos minerales podría provocar gran caída de frutos, al estar éstos compitiendo fuertemente con los brotes originados en las inflorescencias indeterminadas (WHILEY, 1990).

El mayor desgaste que presenta un árbol con elevada floración, implica que el contenido de nutrientes disponible sea menor que uno que presenta floración intermedia o baja, lo cual implica una mayor caída de flores o frutitos, por ende, menor porcentaje de cuaja.

#### 4.5. Determinación del crecimiento vegetativo acumulado a partir del ápice de inflorescencias indeterminadas:

La Figura 15 presenta la tasa de crecimiento acumulado del brote, originado a partir de las inflorescencias indeterminadas, en árboles con distintos niveles de carga frutal. El crecimiento de los brotes de los árboles con alta carga, presentó diferencias significativas con los árboles de media y baja carga frutal (Cuadro 13).

Cuadro 13. Tasa de crecimiento acumulado del brote perteneciente a inflorescencias indeterminadas de palto, en distintas situaciones de carga frutal.

Tratamiento de carga	Longitud brote (mm)
alta	150 a
media	72 b
baja	50 b

Letras distintas indican diferencias significativas según Test LSD ( $P \leq 0,05$ ).

Según resultados obtenidos en el presente ensayo, los árboles con alta carga, generar una menor intensidad de floración, utilizan menores concentraciones de reservas y nutrientes para la iniciación y desarrollo floral, lo cual implica un menor desgaste del árbol, durante la época de floración, disponiéndose de un contenido energético mayor para desarrollar brotes más vigorosos.

La primera y más importante parte del ciclo vegetativo es la floración, durante esta etapa las reservas van declinando progresivamente (SCHOLEFIELD 1985), es un momento muy demandante de agua, nutrientes minerales y carbohidratos (WHILEY, 1990).

Durante el flush vegetativo de primavera, las reservas se dividen entre la floración y el crecimiento vegetativo (SHOLEFIELD, SEDGLEY y ALEXANDER), por ende, si existe un mayor número de órganos florales demandantes, las reservas disponibles para cada uno de los brotes es menor; lo cual explica el menor tamaño de éstos, en árboles que presentan una floración más intensa como son los paltos con media y baja carga frutal.

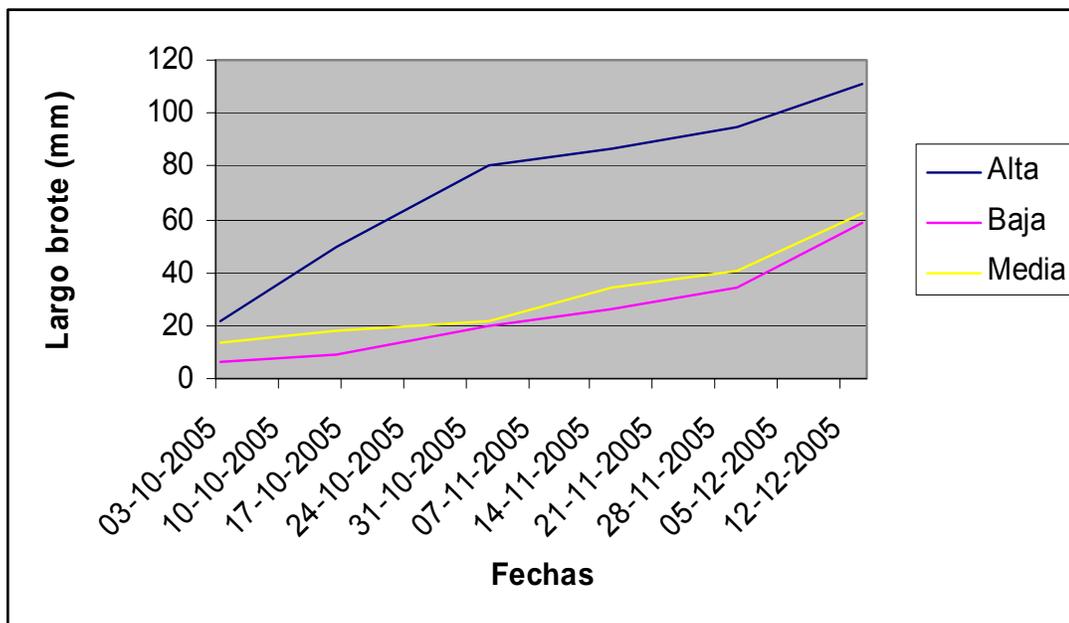


FIGURA 15. Cuantificación del largo del brote perteneciente a inflorescencias indeterminadas de palto, en función a la carga frutal.

La competencia vegetativo-reproductiva en la primavera limita el potencial de producción del palto (BLUMENFELD, GAZIT, 1983), mientras que en cítricos las inflorescencias con hojas incrementan la retención, debido a su contribución de fotosintatos a los frutos adyacentes (WOLSTENHOME, 1990).

Según WHILEY (1990), los brotes nuevos compiten fuertemente con los frutos en desarrollo, es por ello que, en etapas críticas los requerimientos para el desarrollo del fruto y para el crecimiento de los brotes, disminuye las reservas de los árboles.

WHILEY (1994) señala que las hojas nuevas, originadas a partir del ápice vegetativo de las inflorescencias indeterminadas, luego de 40 días son capaces de exportar los fotosintatos que produce.

El éxito de la formación de los frutos durante los primeros 60 días, depende de la disponibilidad de fotoasimilados, de la fotosíntesis del momento, y del tiempo de transición desde sink a fuente de los brotes que se renuevan en primavera (WHILEY, 1990); así, mientras menor es la transición, mayor disponibilidad de nutrientes para una adecuada formación del fruto.

Al presentar una mayor tasa de crecimiento, los brotes pertenecientes a los árboles de alta carga, podrían exportar antes que los brotes de los árboles de baja y media carga, los fotoasimilados producidos por las hojas nuevas, hacia las flores y fruto. Esto se ve reflejado en la Figura 7, en donde las flores pertenecientes a árboles de alta carga, al final del período de floración, presenta los mayores contenidos de azúcares.

Según el Cuadro 12, los árboles con alta carga presentan los mayores porcentajes de cuaja, lo cual tendría relación con la exportación anticipada de

nutrientes, desde el brote originado de la inflorescencia de los árboles con menor intensidad de floración, permitiendo menor competencia por suministros, permitiendo un mejor porcentaje de cuaja y mayor retención de flores y frutos en la panícula.

La mayor capacidad de cuaja y retención de los frutos que tendrían los paltos con menor intensidad de floración también se debería a los mayores contenidos de boro y zinc presentes en las flores (Figura 13 y 14), ya que estos elementos son importantes para la formación del tubo polínico (SALAZAR, 2002).

#### 4.6. Cuantificación de intercepción de luz, a través del indicador PAR:

Los valores de PAR, no difieren significativamente, entre las distintas situaciones de carga frutal; por lo que, el número de frutos presentes en los árboles, no tiene un efecto sobre la tasa de intercepción de luz al interior de la copa.

En la Figura 16, se observa una similar tendencia de las curvas en los distintos niveles de cargas a lo largo de la temporada. Si embargo, en las primeras fechas de medición se aprecia una diferencia de PAR, entre las distintas cargas, al presentar los árboles de baja y media carga, mayores porcentajes de PAR incidente que los paltos con alta carga.

La menor intercepción de luz en árboles con mayor número de fruto se debería a que sus ramas se doblan por efecto del peso de los frutos, sombreando el interior de la copa.

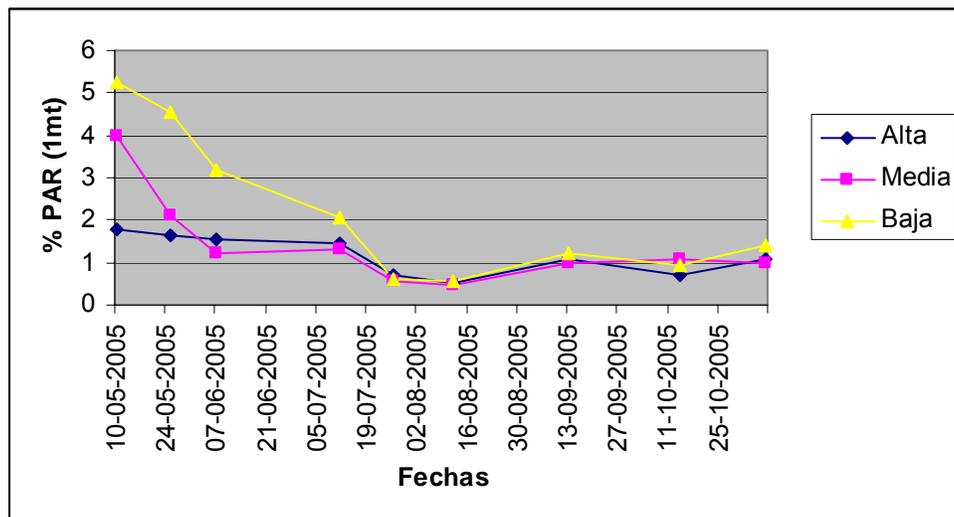
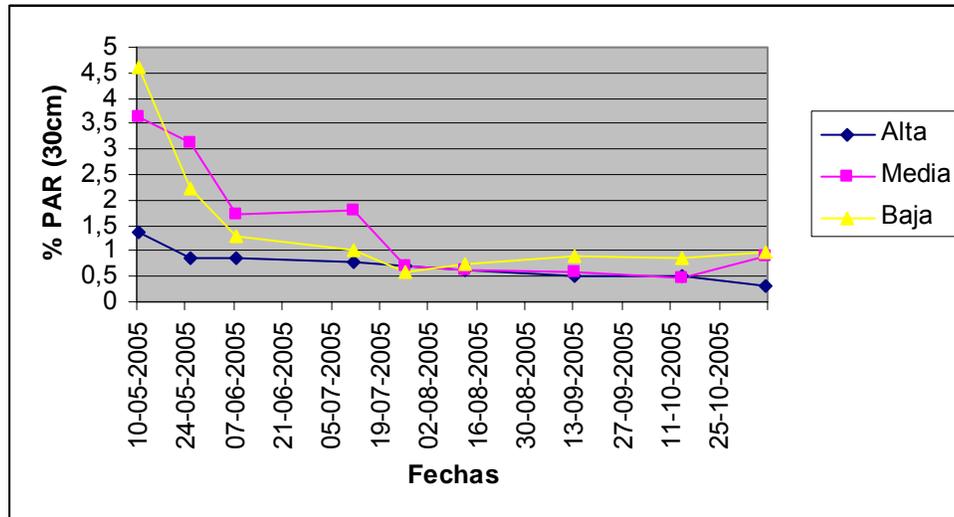


FIGURA 16. Evolución del porcentaje de PAR incidente en la copa de los paltos, a lo largo de la temporada, a los 30 cm y 1 m del tronco, en función a la carga frutal

La intercepción lumínica y la distribución de la luz a través de la copa del árbol, intervienen sobre la fotosíntesis, transpiración y los gradientes de humedad foliar, por lo cual son factores importantes en la productividad (JOHNSON y LAKSO, 1991).

Si los niveles de luz son muy bajos en la hoja, ésta produce menos materia que la que ella misma necesita, por lo que, parasita o depende de otras. Considerando esta afirmación los árboles con alta carga, presentarían durante los meses de otoño e invierno, mayor número de hojas parásitas que los otros niveles de carga.

En la Figura 17 se observa que a medida que el brote, originado a partir del ápice de la inflorescencia indeterminada crece, el porcentaje de PAR disminuye; por lo que, el brote que se origina en conjunto con las hojas nuevas, las flores y frutos cuajados, sombrearían la copa de los paltos.

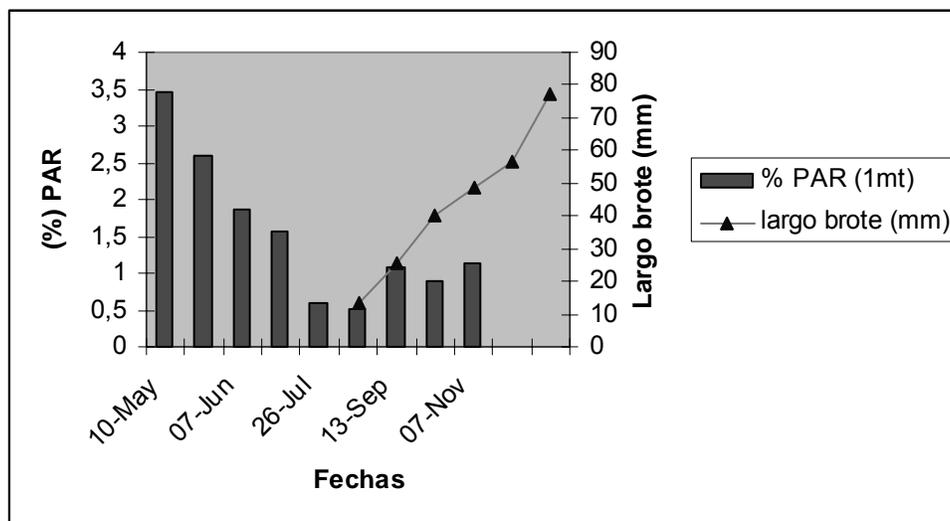
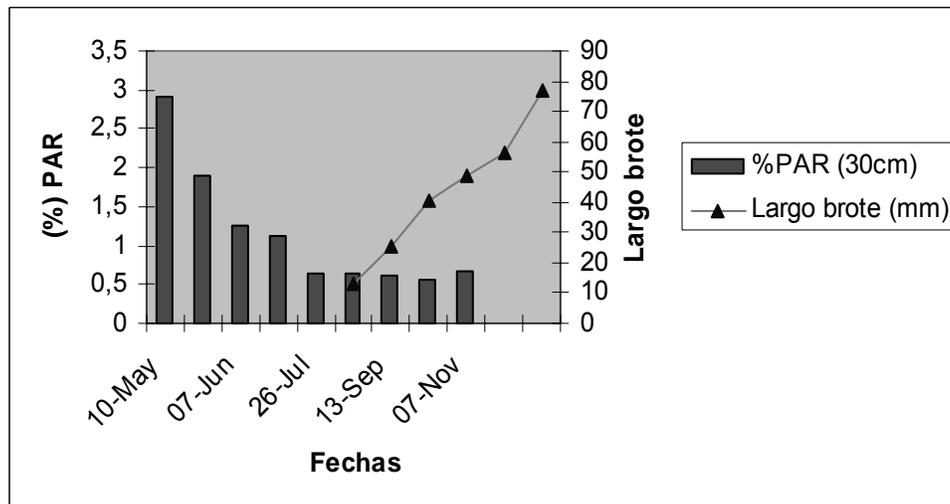


FIGURA 17. Porcentaje de PAR versus largo del brote de palto a los 30 cm y 1 m del tronco.

Estos resultados indican que es importante realizar poda en verde para aumentar la retención y primer crecimiento de los frutos, simplemente por un mayor ingreso de luz.

La menor luminosidad sobre las panículas podría favorecer los frutos en desarrollo al estar más protegidos ante el golpe de sol, sin embargo un exceso de falta de luz afectaría a los brotes y a la vez la producción de yemas florales (JACKSON,1986).

YURI (1997) indica que el aumento de la intercepción de la luz es una forma directa de aumentar la fotosíntesis, además menciona que para la producción de fruta de buen calibre, no se requiere de un gran número de hojas, sino más bien que éstas se encuentren funcionales y bien expuestas a la luz.

En la figura 18 se observa el porcentaje total de luz total incidente, a lo largo de la temporada de medición. Durante los meses de primavera existió una mayor radiación incidente que los meses de otoño e invierno.

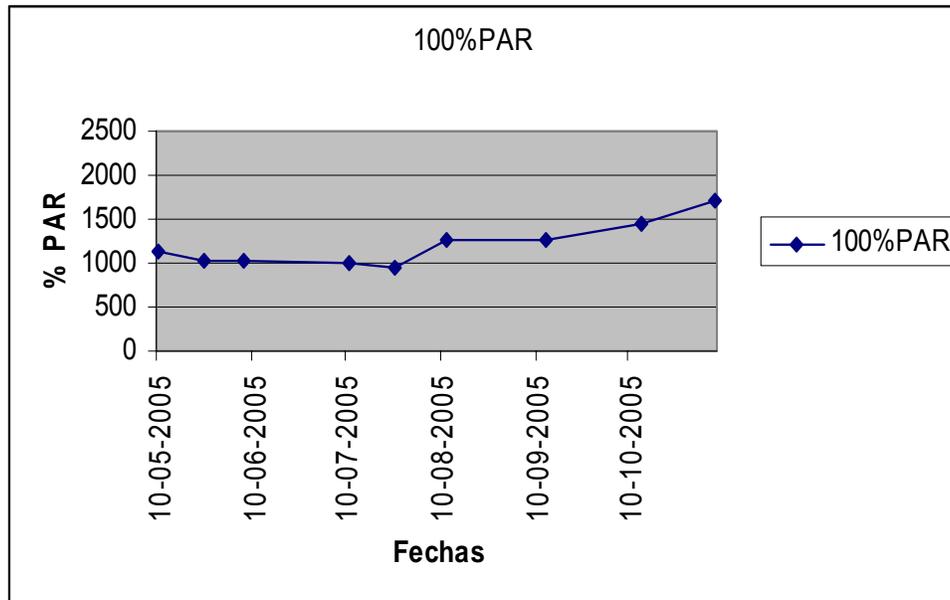


FIGURA 18. PAR incidente en entre hileras (100%), a lo largo de la temporada.

El Cuadro 14 presenta el porcentaje de PAR incidente para los dos tipos de mediciones, el cual fue obtenido partir del 100% de radiación fotosintéticamente activa incidente. Los meses con menor ingreso de luz al interior de los paltos fueron los meses de primavera, lo cual se debería a lo anteriormente mencionado.

CUADRO 14. Porcentajes PAR incidente en copa de los paltos a los 30 cm y 1m del tronco, a lo largo de la temporada.

Fechas	% PAR (30cm)	% PAR (1m)
10-May	2,99	3,45
25-May	1,9	2,59
07-Jun	1,25	1,87
11-Jul	1,12	1,56
26-Jul	0,64	0,6
12-Ago	0,64	0,51
13-Sep	0,62	1,08
14-Oct	0,56	0,88
07-Nov	0,67	1,14

Según DE LA RIVAS (2000), los valores máximos de PAR en un día soleado en latitudes medias son 2000 a 2300  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{seg}$ , valores similares a lo obtenido en el mes de máxima radiación incidente (noviembre) con 1993  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{seg}$ .

La fotosíntesis neta se satura entre los 60 y 200  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{seg}$  en plantas de sombra. En plantas C3 de sol, la fotosíntesis se satura a 400 y 600  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{seg}$  correspondiente aproximadamente al 25% de la radiación luminosa solar máxima, mientras que en algunas plantas C4 no se observa incluso saturación (DE LA RIVAS, 2000).

El palto presenta punto de saturación fotosintética de 1.100  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{seg}$  (WHILEY, 1994).

SCHOLEFIELD et al. (1980) observó que el punto de saturación para paltos Fuertes más pequeños es de entre 400 y 500  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{seg}$  y para la variedad Edranol 660  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{seg}$ . (BOWER, 1978).

Los Cuadros 15 y 16 señalan que el interior de la copa (30 cm) presenta un menor PAR incidente ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{seg}$ ) que el exterior, lo cual indica que la madera más cercana al tronco se encuentra más sombreadas que la ubicada hacia la sobre y entre hilera, lo cual explica el que los fruto del palto tiendan a ubicarse hacia fuera.

CUADRO 15. PAR ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{seg}$ ) incidente en la copa de árboles de palto, a los 30 cm del tronco, en función a la carga frutal.

Fecha	ALTA ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{seg}.$ )	MEDIA ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{seg}.$ )	BAJA ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{seg}.$ )
10-May	15,7	41,4	52,7
25-May	8,7	31,9	22,5
07-Jun	8,6	17,2	12,8
11-Jul	7,26	16,8	9,4
26-Jul	8,9	8,8	7,8
12-Ago	7,8	7,8	9,5
13-Sep	7,2	8,7	12,9
14-Oct	8,4	8,43	14,6
07-Nov	6,3	17,9	19,9

CUADRO 16. PAR ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{seg}$ ) incidente en la copa de árboles de palto a 1 m del tronco, en función a la carga frutal.

Fecha	ALTA ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{seg}.$ )	MEDIA ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{seg}.$ )	BAJA ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{seg}.$ )
10-May	20,19	45,4	60,14
25-May	16,6	21,9	46,53
07-Jun	15,6	12,2	32,25
11-Jul	13,47	12,5	19,2
26-Jul	8,79	6,9	8
12-Ago	6,58	6,27	7,4
13-Sep	16,25	14,56	17,78
14-Oct	12,47	18,3	15,83
07-Nov	21,89	19,34	28,25

WHILEY (2003) señala que el palto, debido a su zona de origen, presenta un punto de compensación (fotosíntesis = 0) bajo, de  $10 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{seg}$ .

Según los Cuadro 15 y 16, las hojas de la zona más externa de la copa (1m) fotosintetizaría más a lo largo de la temporada que las ubicadas al interior de la copa de los árboles, esto es debido a que presentan un menor número de días en que el PAR incidente es menor a  $10 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{seg}$ .

## 5. CONCLUSIONES

Se observó una relación inversamente proporcional entre la carga frutal presente al inicio de la temporada y el número de flores producidas en primavera. A través de esta relación, fue posible obtener un modelo un matemático que permite estimar la cuantía de la floración mediante el número de frutos presentes en el árbol.

Las concentraciones de nitrógeno y azúcares totales en brotes de paltos, (*Persea americana* Mill.) presentaron diferencias entre los distintos niveles de carga frutal.

Las concentraciones de nitrógeno y azúcares totales en el tejido floral, a lo largo del período de floración, no presentaron diferencias entre las distintas situaciones de carga frutal.

Se observó una relación directamente proporcional entre la carga frutal y las concentraciones de boro y zinc en el tejido floral.

Se determinó un efecto directo del número de frutos presentes en el árbol sobre el cuajado.

La tasa de crecimiento acumulado del brote, originado a partir de las inflorescencias indeterminadas, presentó diferencias entre las diferentes intensidades de carga frutal.

El porcentaje de PAR incidente al interior de la copa se redujo, a lo largo de la temporada, independiente de la carga frutal.

## 6. RESUMEN

El añerismo en el palto (*Persea americana* Mill) es un problema que afecta a productores de todo el mundo. Durante un año de alta carga, los árboles presentan un gasto energético importante que puede afectar el ciclo fenológico de temporadas posteriores.

Durante la temporada 2005 se llevó a cabo en la Estación Experimental de la Facultad de Agronomía de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, una investigación con el objetivo de determinar el efecto de distintas intensidades de carga frutal sobre el comportamiento reproductivo y vegetativo del palto cv. Hass. Para ello se seleccionaron en forma aleatoria 12 árboles plantados en alta densidad, los cuales se agruparon en tres niveles de carga frutal: alta, media y baja.

Las evaluaciones realizadas fueron: Intensidad de floración, contenido de nitrógeno y azúcares totales en brotes y tejido floral, contenido de boro y zinc en tejido floral, cuaja, tasa de crecimiento del brote originado a partir de la inflorescencia indeterminada y PAR incidente al interior de la copa.

Los resultados obtenidos determinaron que la intensidad de floración se encuentra determinada por la carga frutal de la temporada anterior, al ser inversamente proporcional al número de frutos presentes.

Los contenidos de nitrógeno y azúcares totales en brotes portadores de yemas florales, variaron en función al número de frutos, sin embargo, las concentraciones de ambos elementos en el tejido floral, no se vieron afectadas por la carga frutal.

Los paltos con baja carga presentaron las menores concentraciones de boro y zinc en el tejido floral, al presentar mayor número de flores demandantes por estos microelementos.

En relación al cuajado, ésta resultó ser dependiente del nivel de carga frutal. Los paltos con alta carga y baja intensidad de floración presentaron mayor porcentaje de cuaja inicial.

El porcentaje de PAR incidente en la copa de los árboles, disminuyó, a lo largo de la temporada, independiente de la carga frutal.

## 7. ABSTRACT

The bearing alternate in avocado (*Persea Americana* Mill) is a problem that affects producers all over the world. During a year of high load, the trees present an important energy expense that can affect the phenologic cycle of subsequent seasons.

An investigation was carried out during 2005 in the Experimental Station of the Faculty of Agronomy of the Pontifical Catholic University of Valparaíso, with the objective to determine the effect of different intensities of fruit-bearing load on the reproductive and vegetative behavior of the avocado cv. Hass. Twelve trees planted in high density were selected in random form. They were grouped in three levels of fruit-bearing load: high, medium and low.

The evaluations carried out were: intensity of flowering, content of nitrogen and total sugar in shoots and floral tissue, content of boron and zinc in floral tissue, fruit set, growth rate of shoot originated from the indeterminate inflorescence and the incident PAR inside the cup.

The results obtained determined that the intensity of flowering is determined by the fruit bearing load of the previous season, all to be inversely proportional with the number of present fruit.

The contents of nitrogen and total sugars in shoots bearing flowering buds varied in function to the number of fruits, nevertheless, the concentration of both elements in floral tissue were not seen affect by the fruit bearing load.

The avocado trees with low bearing load presented the smaller concentrations of boron and zinc in the floral tissue, due to the more number of flowers demanding this microelements.

Fruits set resulted to be dependent of the fruit bearing load level. The avocado trees with high load and low intensity of flowering presented higher percentage of initial fruit set.

The percentage of the PAR incident in the cup of trees decreased along the season independent of the fruit bearing load.

## 8. LITERATURA CITADA

- AGUSTÍ, M. 2003. Citricultura. 2º Edición. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa. 422p.
- ARPAIA, M.; ROBINSON, M.; MADORE, M.; WITNEY, W.; and LIU, X. 1999. Hass Avocado Carbohydrates Fluctuations. I Growth and Phenology, (on line) [www.avocadosource.com](http://www.avocadosource.com)
- - - - - LIU,X.; SIEVERT, J and MADORE, M. 2002. Postulated Physiological Roles of the Seven-carbon Sugars, Mannoheptulose and Perseitol in Avocado, (on line). [www.avocadosource.com](http://www.avocadosource.com)
- BÁRCENAS, E.J.; MOLINA, MF.; HUANOSTO y AGUIRRE,P. 2003. Contenido de macro y microelementos en hojas, flor y fruto de aguacate Hass en la región de Urupán, Michoacám. Proceeding V World Avocado Congres.. pp. 365-371
- BERGH, B.O. 1969. Avocado, in: Fercuerda, F. and Witt, F. eds. Outlines of perennial crop breeding in the tropics. Netherlands, Landbouwhoghe School. Pp. 23-51.
- - - - - 1987. Summary of Avocado Research, Avocado Research Advisory Committee, Riverside., University of California, P12.
- BERNIER, G.; KINET, J., and ROY, M. 1981. The Physiology of flowering. The initiation of flowers. 149p. (Vol 1).
- BLUMENFELD, A. and GAZIT, S. 1974. Development of seeded and seedless Avocado fruits. Journal of American Society Horticultural Science 99 (5): 442-448.
- BOWER,JP. 1978. The effects of shade and water relations in the avocado cv. Edranol. South African Avocado Growers' Association Research Report 2: 59-61.

BRU, J y DE TORRES, M. 1992. Boro micronutriente agrícola. Barcelona, Bórax España S. A., 85p.

- - - - - ARGAMAN, E. 1983. Factors involved in avocado productivity. Volcani Center, Israel. Special Publication. No. 222:84-85.

CALABRESE, F. 1992. El aguacate. Madrid. Ediciones Mundiprensa . 249p.

CALVERT, E. 1993. Aproximación al ciclo fenológico del palto (*Persea americana* Mill.) cv. Fuerte. Tesis Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 127p.

CAMERON, S.H.; MUELLER, R.T. and WALLACE, A. 1952. Nutrient composition and seasonal losses of avocado trees. California Avocado Society Yearbook, 36:201-209.

CARRILLO. 1995. Efecto de la carga frutal sobre la inducción floral de yemas terminales de palto (*Persea americana* Mill.). cv Hass, proveniente de distintos flush vegetativos. Taller de Licenciatura. Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 118p.

CASTILLO, G, COLINAS, T.B., ORTEGA D, MARTÍNEZ G, AVITIA G. 1998. (*Persea americana*. Mill.). (on line). [www.avocadosource.com](http://www.avocadosource.com)

CAUTÍN, R. 1996. Nuevos antecedentes sobre requerimientos de polinización y variedades. In: Razeto, B. y Fichet, T. eds. Cultivo del Palto y perspectivas de mercado. Publicaciones Misceláneas Agrícolas N° 45. Santiago, Universidad de Chile, pp. 15- 29. (Publ. Mise. n° 45)

- - - - - 1997. Poda en paltos. Empresa y Avance Agrícola 7(52): 18-19.

- CHANDLER, W.H. 1962. Frutales de hoja perenne. México, Editorial Hispanoamericana. 675 p.
- COQUE, F.;DÍAZ, H. 1996. Poda de frutales y técnicas de propagación y plantación. Madrid, Mundi Prensa. pp 31-43.
- CROWLEY, D.E.; SMITH, B. and M.L. Arpaia. 1993. Zinc nutrition of avocado. Calif. Avoc. Soc. Yearbook..77:95-100 -
- DAVIE, S.J. and SMITH D.G. 1993. Carbohydrates and other studies on alternate bearing Fuerte and Hass avocado trees South African Avocado Growers Association Yearbook 1993. 16:82-85p.
- DEGANI, C. ,GOLDRING, A. ,GAZIT, S. and LAVI, U. 1986. Genetic election during the abscission of Avocado fruitlets. Hort. Sci. 21: 1187-1188
- DE LA RIVAS, J. 2000. Fundamentos de fisiología vegetal. Departamento de citricultura. Instituto Valenciano de investigación agraria. Departamento de Biología Universidad de Barcelona. 497p.
- DREW, E.A. 1984. Physiology and metabolism of cyclitols. In: Storage Carbohydrates in Vascular Plants, Distribution Physiology and Metabolism, p. 133-155, D.H.lewis (Ed.). Cambr.Univ. Press, Cambridge. p. 133-155
- FAUST, M. 1989. Physiology of Temperate Zone Fruit Trees. John Wiley & Sons. New York, USA. 338 p.
- FIGUEROA, R., CASTILLO, G., AVITIA, G. RUBÍ, A. 1997. Contenido nutrimental en hojas e inflorescencias de tres cultivares de aguacate (*Persea americana* Mill.), (on line) [www.avocadosource.com](http://www.avocadosource.com)
- GAMEZ, M. 2004 Mercado de las paltas 2004-2005. (on line) [www.serinfo.indap.cl](http://www.serinfo.indap.cl)

- GARCIA, M. 1996. Caracterización de la floración del palto en cultivares Hass, Fuerte, Whitsell, Gwen y Esther en Quillota. Taller de Licenciatura. Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 201p.
- GARDIAZABAL, F y ROSENBERG, G. 1990. Cultivo del palto. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 210 p.
- - - - - 1991. El cultivo del palto. Quillota, Universidad Católica da Valparaíso, Facultad de Agronomía. 201 p.
- - - - - y WILHELMY, C. 1995. Lo que viene: poda en paltos. Empresa y Avance Agrícola. Vol 5 n°39 pp : 18-19.
- - - - - 1998. Floración en paltos. Sociedad Gardiazábal y Magdahl. Seminario Internacional de Paltos. Viña del Mar 4, 5 y 6 de noviembre 1998. 51-72p
- GLERUM, C. 1980. Food sinks and food reserves of trees in temperate climates. N.Z.J. For. Sci. 10: 176-185.
- GOLDSCHMIDT., E.E. MONSELISE, S.P.,. 1982. Alternate bearing in fruit trees, Horticultural review 4: 128-173.
- GOLDRING, A. ,GAZIT, S. , and DEGANI, C. 1987. Isozyme analysis of mature avocado embryos to determine outcrossing rate in a Hass plot. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112:389-392.
- GONZALEZ, A. 1994. Caracterización histológica y evaluación de campo de ápice terminales provenientes de distintos flush de crecimiento vegetativo en los cv Hass y Fuerte de palto (*Persea americana* Mill.). Taller de Licenciatura. Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 112p.

- HERNANDEZ, F. 1991. Aproximación al ciclo fenológico del palto (*Persea americana* Mill.) cultivar Hass para la zona de Quillota, V región. Taller de Titulación, Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 99 p.
- HOAD, G.V. 1984. Hormonal regulation of fruit bud formation in fruit trees. *Acta Horticulture* 149: 13-23
- HO, L. C. 1992. Fruit growth and sink strength. In: Fruit set production: Aspects of development, environmental physiology and ecology. Marshall, C., and Editor Grace J. Cambridge Univ. Press. pp: 101-12
- IBAR, L. 1986. Cultivo del aguacate, chirimoyo, mango y papaya. Barcelona. Aedos. 175p.
- JACKSON, D. 1986. Temperate and subtropical fruit production. New Zealand Horticultura. 289p.
- JOHNSON, R, LAKSON, A. 1991. Approaches to modeling light interception in orchads. *Hortscience* 26(8); 1002-1004.
- KAISER, C.;WOLSTENHOLME, B.N.; YLEWIS,J. 1995. Towards improved maturity Standart for Fuerte avocado (*Persea americana* Mill.) fruit in cool subtropical climate, Editor. Proceeding of the Third World Avocado Congress. pp.
- KOZLOWSKI, T,T. 1992. Carbohydrate source and sinks in woody plants. *Bot. Rev.* 58 : 107-222.
- KOZLOWSKI, T,T. KRAMER, P.J., 1979. *Physiology of Woody Plants*. Academic Prees, Inc., New York.
- LAHAV, E, BAR, and KADMAN. 1980. Avocado fertilization. International Potash Institute Bern/Switzerland. 23 p.

- - - - - KALMAR. 1990. Effect of nitrogenous fertilization on the annual variations in nutrients in avocado leaves. *Soil Science and Plant Analysis* 21: 1353-1365.0: 75-83.
- LAKSO, A.N. 1994. Apple. In: *Handbook of Environmental Physiology of Fruits Crops*. CRC. Press. pp. 3-42. (Vol 1).
- LIU, X., ARPAIA, M.; ROBINSON, M.; MADORE, M.; WITNEY, W. 1999. Hass Avocado Carbohydrates Fluctuationsns. I Growth and Phenology, (on line) [www.avocadosource.com](http://www.avocadosource.com)
- LOESCHER, W.H. 1987. Physiology and metabolism of sugar alcohols in higher plants. *Physiol. Plants*. 70: 553-557.
- LOUÉ, A. 1988. *Los microelementos en Agricultura*. Madrid. Edición Mundi – Prensa. 321 p.
- LOVATT, C.J.; BERTLING and. BLANKE. 1994. Comparison of determinate vs indeterminate inflorescesce to determine the roles of PGR's, carbohydrate, nitrogen, and other nutrients in fruits set of Hass avocado. *California Avocado Society Yrbk*. 78: 175-177.
- - - - - 1995. Nutrición nitrogenada en palto Hass: ¿A dónde va todo el nitrógeno?. *Acta del tercer Congreso mundial del palto*.152-159.
- - - - - 1996. Nitrogen allocation within the 'Hass' avocado. *California Avocado Society Yearbook*. pp. 80:75-83.
- - - - - 1997. Pollination biology and fruit set in avocado. *Australian Avocado Grower's Federation Inc*. pp. 106-112 p.
- - - - - 2000. Nitrogen fertilization strategies to increase yield of Hass avocado. *California Avocado Research Symposium*. October 14, 2000. pp 95-99.

- MAGDAHL, C. 1998. La industria de la palta en Chile. Sociedad Gardiazábal y Magdahl. Seminario Internacional de Paltos. Viña del Mar 4, 5 y 6 de noviembre 1998. 1-13p
- - - - - 2004. La industria de la palta en Chile. 2° seminario internacional de paltos. 29 Septiembre 1 Octubre, 2004. 1-14p.
- MEYER, B.S. 1960. Introducción a la fisiología vegetal. Buenos Aires. Eudeba. 579p.
- MALO, S. 1986. El aguacate. Agricultura de las América. Junio: 16-21
- MONSELISE, S.P, GOLDSCHMIDT., E.E. 1982. Alternate bearing in fruit trees, Horticultural review 4: 128-173.
- MORUDU, T.M., ROE, D.J. 1999. Flower pruning of Hass avocado when going into an "on" year in an attempt to decrease alternate bearing and increase fruit size, (on line). [www.avocadosource.com](http://www.avocadosource.com).
- PALMA, A. 1991. Aproximación del ciclo fenológico del palto (*Persea americana* Mill.) cv. Fuerte. Tesis Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 120p.
- PARODI, L: R. 1959. Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería. Descripción de las plantas cultivadas. Buenos aires, Acme. 385p. (Vol. 1).
- PAZ-VEGA, S. 1997 Alternate bearing in the avocado (*Persea americana* Mill.) California Avocado Society 1997 Yearbook 81: 117-148
- PEREZ DE OTEYZA, M.A. 2003. Aspectos energéticos de la floración y productividad del aguacate Hass, (on line). [www.avocadosource.com](http://www.avocadosource.com).

PETERSON, P.A. 1956. Flowering types in the avocado with relation to fruit production. California Avocado Society Yearbook 40:174-179.

RAZETO, B. 1996. Situación actual del palto en Chile. Cultivo del palto y perspectivas de mercado. Santiago, Universidad de Chile, pp 9-13 Publicaciones Misceláneas Agrícolas N° 45

RODRÍGUEZ, F. 1982. El Aguacate. México, AGT. 167p.

ROBBERTSE, P.J.; COETZER, L.A.; BEZUIDENHOUT, J.J.; VOR-STER, L.; SWART, G.N. 1990. The influence of boron on fruit set in avocado. Acta Horticulturae 275: 587-594.

- - - - - COERTZER. LA. ; SMITH.M.F.; CONRADIE. W: 1995. Effect of pollen parent on pollen tube growth in Hass avocado. South African Avocado Growers Association. Yearbook 18:17-19.

ROY, M BERNIER, G. y KINET, J. 1981. The Physiology of flowering. The initiation of flowers. 149p. Vol 1.

SALAZAR G.S. 2002. Nutrición del aguacate, principios y aplicaciones. Instituto Nacional de Investigaciones Forestal, Agrícola y Pecuaria (INIFAP) en asociación con el Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS), Querétaro.165p.

SCHOLEFIELD, P.B.; WALCOTT J.J.; KRIEDEMANN, P.E.; RAMADASAN A. 1980. Some environmental effects on photosynthesis and water relations of avocado leaves. California Avocado Society Yearbook 64: 93-105.

- - - - - 1982. A scanning electron microscope study of flowers of avocado, litchi, macadamia and mango". Scientia Horticulturae 16: 263-272.

- - - - - SEDGLEY, M and ALEXANDER, D. 1985. Carbohydrate cycling in relation to shoot, growth, floral initiation and development and yield in the avocado. *Scientia Horticulturae* 25:99-110.
- SCHROEDER, C. A. 1951. Flower bud development in the avocado. California. *Society Yearbook* 36:159-163.
- SEDGLEY, M. 1977. The effect of temperature on floral behaviour, pollen tube growth and fruit set in the avocado. *Journal of Horticultural Science* 52 :135-141.
- - - - - 1980. Anatomical investigation of abscised avocado flower and fruitless. *Annals of Botany* 46:771-777
- - - - - SCHOLEFIED, P.B. and ALEXANDER, D.M. 1985. Inhibition of flowering of mexican and guatemalan type avocados under tropical conditions. *Scientia Horticulturae* 25(1):21-30.
- SNIDJER, B y STASSEN, P. 2000. Macro nutrient accumulation and requirement of Hass avocado trees. *South African Avocado Growers Association Yearbook* 23: 56-62.
- STASSEN,P.;DAVIE, S. J.; Van der WALT, M. 1995. A study of avocado tree carbohydrate cycles to determine ways of modifying alternate bearing, (on line). [www.avocadosource.com](http://www.avocadosource.com).
- STOUT, A.B. 1923 A study in cross-pollination of avocados in southern California. *California Avocado Association Yearbook* 7:29-45
- TAPIA, P. 1993. Aproximación al ciclo fenológico del palto cv. Hass para la zona de Quillota. Taller de licenciatura Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 141 p.

- TELIZ, D. 2000 El aguacate y su manejo integrado. Ediciones Mundi-Prensa. Mexico, D.F. Madrid. Barcelona, (on line) [www.fertitec.com/informaciones/tristeza\\_palto](http://www.fertitec.com/informaciones/tristeza_palto)
- TORO, M. 1995. Efecto del método de riego en la distribución espacial del sistema radical de paltos (*Persea americana* Mill.) cv. Hass, en dos tipos de suelo. Taller de Licenciatura Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 27p.
- VAN DER WALT, M, DAVIE, S.J, SMITH, D.G. 1993. Carbohydrate and other studies on alternate bearing Fuerte and Hass avocado trees South African Avocado Growers' Association Yearbook 16:82-85
- - - - - DAVIE, S. J., STASSEN, PIET J.C. 1995. A study of avocado tree carbohydrate cycles to determine ways of modifying alternate bearing, Editors Proceedings of The World Avocado Congress III, 80-83
- VILLALOBOS, A. 1982. Biología floral y estructuras reproductivas. Cuadernos de Horticultura, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 42p.
- WALLIHAN, E.F.; EMBLETON, T. W. and PRINTY, W. 1958. Zinc deficiency in the avocado. California Agriculture, 12:4-5.
- WHILEY, A.W.; SARANAH, J.B. and ANDERSON, P.A. 1987. Effect of root temperatures on growth of tow avocados rootstocks cultivars. Australia, Maroochy Horticultural research Station (Report N°45).
- - - - - 1990. Nutrición una herramienta estratégica para lograr una alta productividad y calidad en el cultivo del palto. (on line) [www.avocadosource.com](http://www.avocadosource.com)

- - - - - and WOLSTENHOLME, B. N 1990. Carbohydrate management in avocado trees for increased production. S. Afr. Grow. Assoc. Yrbk. 13:25-27.

WHILEY AW 1994. Ecophysiological studies and tree manipulation for maximisation of yield potential in avocado (*Persea americana* Mill.). PhD Thesis, University of Natal, Pietermaritzburg, SouthAfrica.

- - - - - y SCHAFFER B 1994. Avocado. In: Schaffer B, Andersen PC (eds) Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops, Volume 2, Subtropical and Tropical Crops. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida, pp 165-197. (Vol 2).

- - - - - SCHAFFER,B. 2003. Environmental Regulation of Photosynthesis in Avocado Trees A Mini-Review, (on line). [www.avocadosource.com](http://www.avocadosource.com)

WOLSTENHOLME, and SCHROEDER, C. A. 1953. Growth and development of the Fuerte avocado fruit. Proceeding of the American Society Horticultural Science61:103-109.

- - - - - .1986. Energy costs of fruiting as a Growth responses of peach roots and shoots to soil and foliar applied paclobutrazol. Hort. Science 21(4): 1001-1003.

- - - - - .and WHILEY. 1989. Carbohydrate and phenological cycling as management tools for avocado orchards. South African Avocado Growers Association Yearbook. 12 :33-37.

- - - - - . 1990. Some thoughts on flowering in avocado trees. Journal of the South African Avocado Growers Association 10:3-4.

YURI, J. 1997. Poda y manejo de canopia. revista Fritícola. 18 (2): 41-57.

Anexo 2. Sector 28.



ANEXO 4. Trampa de malla Rachel para la captura de flores de palto.



Anexo 5. Flores y frutitos cuajados presentes en las mallas.



Anexo 6. Cuajado.



ANEXO 7. Extracción de azúcares de brotes de palto.



ANEXO 8. Cuantificación del crecimiento vegetativo de la inflorescencia indeterminada.



