Pontificia Universidad
Católica de Valparaíso
Facultad de Agronomía

“Efecto de la carga frutal de árboles de paltos (*Persea americana* Mill) cv. Hass en alta densidad, sobre la floración y cuaja de la temporada siguiente”.

Alumno: Cecilia Adriazola C.
Profesor Guía: Christian Magdahl S
Francisco Mena V.

Quillota, 31 de mayo de 2007.

Indice

Resumen	1
Summary	2
1. Introducción	3
1.1 Hipótesis	4
1.2 Objetivos del ensayo	4
2. Revisión bibliográfica	5
2.1 Antecedentes generales:	5
2.1.1 Antecedentes del cultivo en Chile	5
2.1.2 Antecedentes botánicos	6
2.3. Fenología	7
2.4. Fisiología del palto	8
2.4.2 Sistema reproductivo	9
2.4.2.1 Inducción y diferenciación floral	9
2.4.2.2 Floración	10
2.4.2.3 Cuaja y caída de frutitos	11
2.5. Factores que regulan la producción en el palto	12
2.6. Sistemas de conducción	18
2.6.1 Alta densidad	19
3. Materiales y métodos	22
3.1 Ubicación del huerto experimental	22
3.2 Características climáticas de la zona del ensayo	22
3.3 Material vegetal	22
3.4 Descripción de los tratamientos	23
3.5 Diseño experimental	23
3.6 Mediciones	24
4 Resultados y discusión	27
4.1. Cosecha árboles de alta, media y baja carga frutal	27
4.2. Floración	33
4.3. Cuaja de frutos	37
5. Conclusiones	39
6. Literatura citada	40

Resumen

La correcta elección de la distancia de plantación, es una de las consideraciones más importantes para el éxito económico en una plantación de paltos. En la actualidad los productores de palta en Chile y el mundo han ido estrechando los marcos de plantación llegando hoy en día a distancias de 3x3 metros, buscando un sistema de formación y conducción de alta densidad, con huertos intensivos de alta producción, a una edad temprana y árboles de tamaño pequeño que faciliten los manejos dentro del huerto.

Bajo este sistema, en el cual se busca estrechar las distancias de plantación llegando a un sistema de alta densidad con 1.111 árboles por hectárea, se hace necesario tener una productividad constante en el tiempo, para regular el vigor y el excesivo crecimiento de los árboles.

Este ensayo se realizó en la localidad de Llay Llay, Quinta Región, Chile. El objetivo fue evaluar el efecto de la carga frutal de árboles de paltos (*Persea americana* Mill) cv. Hass en alta densidad, sobre la floración y cuaja de la temporada siguiente. Para esto se evaluaron tres niveles de carga: árboles de alta, media y baja producción. El diseño se condujo completamente al azar, con 15 repeticiones por nivel de carga frutal. Las mediciones fueron: perímetro de troncos, número de frutos, kilogramos y peso promedio de frutos, número de hojas de cada árbol. En floración, en dos ramas por árbol, se evaluó el número de brotes laterales, sublaterales, número de inflorescencias totales y porcentaje de la copa florecida. En cuaja se contabilizó el número total de frutos cuajados por planta.

Se observó que la carga frutal del año anterior, afecta directamente el número promedio de inflorescencias totales, el porcentaje de copa florecida y la cuaja de frutos entre los distintos niveles de carga. No se observó un efecto en el número promedio de hojas, sobre los distintos niveles de carga frutal.

Summary

The correct selection of the planting distance is one of the most important considerations for economic success in an avocado orchard. Nowadays, the avocado producers in Chile and in the rest of the world have been narrowing the plantation settings reaching nowadays distances of 3x3 meters, seeking for a high density formation and conduction system, with high production intensive orchards, of early ages and small trees in order to make the orchard management easier.

Under this system, which intends to reduce the planting distances reaching a high density system with 1.111 trees per hectare, a constant yield in time is necessary to regulate the vigor and the excessive growth of the trees.

This trial was carried in the locality of Llay Llay, Fifth region, Chile. The objective was to evaluate the effect of fruit load of avocado trees (*American Persea Mill*) cv. Hass in high density on the flowering and fruit set of the following season. To achieve this, three load levels were evaluated: trees of high, average and low production. The design was conducted completely randomized, with 15 repetitions by fruit load level. The measurements were: perimeter of trunks, number of fruits, kilograms and weight average of the fruits, and number of leaves on each tree. In flowering, with two branches by tree, the number of lateral and sub-lateral buds, number of total inflorescences and percentage of the blossomed canopy were evaluated. Regarding fruit set, the total number of fruits was counted.

It was observed that the previous year fruit load directly affects the average number of total inflorescences, the percentage of bloomed canopy and the fruit set among the different load levels.

An effect of the average number of leaves over the different fruit load levels was not observed.

1. Introducción

A nivel mundial, Chile es uno de los principales exportadores y el tercer productor de paltas en el mundo. En la actualidad han mostrado un fuerte incremento las plantaciones, existiendo hoy en día alrededor de 27.000 ha plantadas (Magdahl, 2004).

La producción nacional de paltas, según ODEPA (2006) es de 135.567 toneladas anuales, a nivel productivo el cultivo del palto, presenta una serie de ventajas competitivas y factores que afectan de una u otra manera el nivel productivo.

Actualmente la industria nacional de paltas, se caracteriza por el desarrollo de nuevas zonas de producción, la relevancia que han tenido las plantaciones en cerros y el cambio en el diseño y manejos técnicos de los huertos, se pueden ver reflejadas en el uso de nuevos portainjertos, altas densidades, entre otros (Magdahl, 2004).

Uno de los problemas más serios que afectan a los frutales de hoja caduca y persistente en general, es la alternancia productiva, este problema es una de las causas principales de las bajas producciones en frutales y es común en la mayoría de los huertos en Chile, a pesar de la tecnología de punta que se utiliza hoy en día en todo el proceso productivo.

En la actualidad producto del gran aumento de las exportaciones los productores de palta en Chile y el mundo han tenido que ser más competitivos, para esto han ido estrechando los marcos de plantación llegando hoy en día a distancias de 3x3 m, buscando un sistema de formación y conducción de alta densidad, con huertos intensivos de alta producción, a una edad temprana y árboles de tamaño pequeño que faciliten los manejos dentro del huerto.

Bajo esta distancia de plantación a 3x3 m en la cual se tienen 1.111 plantas por hectárea y una formación en que la altura máxima que alcanzan los árboles es de 2.2 m, se hace necesario conocer las interrelaciones entre los distintos factores que regulan la fructificación para poder orientar los manejos que permitan lograr altas producciones que sean estables en el tiempo y permitan ser uno de los principales sistemas de control del vigor y tamaño de las plantas.

1.1 Hipótesis:

Existe una íntima relación entre la carga frutal de un año y la del año siguiente y debería existir un nivel máximo de producción que no afecte o limite la producción de la temporada de manera de disminuir al máximo la alternancia productiva.

1.2 Objetivos del ensayo:

- Evaluar la intensidad y el tipo de floración, relacionado con el nivel de carga frutal del año anterior.
- Relacionar el número de hojas totales por planta sobre la carga de frutos, en árboles de alta, media y baja carga frutal.
- Evaluar el efecto que tiene el nivel de carga frutal de la temporada anterior sobre la cuaja de frutos.

2. Revisión bibliográfica

2.1 Antecedentes generales:

2.1.1 Antecedentes del cultivo en Chile:

El marcado incremento de las plantaciones y el fuerte desarrollo que ha alcanzado la industria de la palta en Chile se debe principalmente a una situación atractiva para el mercado y condiciones favorables para el cultivo.

La superficie de paltos en Chile es de 27.000 ha aproximadamente, con un ritmo de plantación anual estimado en más de 1.500 ha en los últimos diez años. El 70% de la superficie plantada se ubica en la Quinta Región, sin embargo, la Cuarta Región y la Región Metropolitana presentan un fuerte desarrollo de este cultivo (Magdahl, 2004).

La principal variedad plantada corresponde a Hass con un 85% de la producción, variedad considerada la más importante para la exportación y a nivel de consumo nacional (Magdahl, 2004).

En Chile el volumen de exportación de paltas ha crecido de 2,7 millones de cajas exportadas en 1999 a más de 10 millones de cajas el año 2005. El principal destino de exportación es EEUU, país que ha incrementado el consumo de paltas entre sus habitantes, lo que ha significado para Chile una mayor estabilidad en los precios, apoyando el continuo crecimiento de la industria (Magdahl, 2004).

2.1.2 Antecedentes botánicos:

El palto (*Persea americana* Mill.), es una especie nativa de América. El origen de ella nace en México, Centro América llegando hasta Venezuela, Ecuador, Colombia y Perú. Pertenece a la familia *Lauraceae*, al igual que otras 85 especies del género *Persea*, distribuidas principalmente desde los Estados Unidos de Norteamérica hasta Chile (Teliz *et al.*, 2000).

Las variedades de paltos cultivadas en el mundo comercialmente corresponden a tres razas, la Mexicana *drymifolia*, Guatemalteca *guatemalensis* y la Antillana *americana*, todas consideradas dentro de la especie *Persea americana* Mill (Teliz *et al.*, 2000).

El cultivar Hass, se originó en Habra Heights, California, por R.G Hass, en la década de los años veinte. El fruto presenta predominancia de la raza Guatemalteca, pero contiene algunas características de la raza Mexicana (Calabrese, 1992).

El palto, se caracteriza por tener un crecimiento rítmico monopodial, es un ejemplo del modelo arquitectónico de Rauh, uno de los más frecuentes de las zonas templadas y tropicales. El tronco monopodial forma ramas que son morfogenéticamente idénticas al tronco y las flores se originan lateralmente sin tener un efecto sobre el crecimiento de los brotes, aunque en algunos brotes se tienen flores en posición terminal, siendo el crecimiento subsecuentemente simpodial. Los brotes son los elementos más pequeños de éste modelo arquitectónico, presentan un patrón de crecimiento predeterminado y se pueden formar por prolepsis o silepsis. El predominio relativo de prolepsis y silepsis es establecido por la interacción entre la dominancia apical y la acrotonía. Esta interacción parece estar genéticamente determinada y refleja diferencias en la forma de los árboles, entre los distintos cultivares (Thorp y Sedgley, 1992).

Thorp y Sedgley (1992), trabajaron con la arquitectura de las variedades “Sharwil”, “Gwen”, “Reed” y “Hass”; donde observaron que “Sharwil” tiene baja silepsis, alta dominancia apical y una alta prolepsis y; que “Gwen” y “Reed”, tienen una alta silepsis y baja dominancia apical, siendo “Hass” intermedia entre las variedades estudiadas.

En la actualidad palto Hass, es el cultivar de mayor importancia comercial, debido a sus excelentes atributos organolépticos, además de ser precoz y un gran productor. El árbol tiene un desarrollo mediano a grande de crecimiento erecto, pero no piramidal (Gardiazabal y Rosenberg, 1991). El fruto es oval y asimétrico, de epicarpio rugoso color violáceo a café. Su peso fluctúa entre 180 y 280 gramos, tiene un excelente estado de conservación y resistencia al transporte. (Calabrese, 1992). Su fruto tiene un porcentaje de aceite entre un 15 a 20%. Madura de septiembre a marzo, y la fruta puede permanecer tardíamente en el árbol (Gardiazabal y Rosenberg, 1991).

2.3. Fenología:

La fenología integra una serie de eventos fisiológicos que ocurren en una planta durante toda una temporada en función del clima. Depende tanto de lo que ocurre interiormente dentro de la planta, su interacción con el medio ambiente y los manejos que se realicen, presentándose cambios distintos según la zona donde nos situemos (Mena, 2004).

El palto a lo largo del año puede tener uno o más ciclos vegetativos seguidos de un “flush” de crecimiento radical. Las raíces comienzan su curva de crecimiento cuando el crecimiento vegetativo comienza a declinar. Posteriormente, comienza un segundo “flush” de crecimiento vegetativo, restableciéndose de esta manera el equilibrio entre una fase de crecimiento radical y otra vegetativa (Calabrese, 1992 y Hernández, 1991).

La descripción del ciclo fenológico del palto en la zona de Quillota, fue realizado por Hernández (1991) y Tapia (1993), quienes observaron que el palto presenta dos “flush” de crecimiento vegetativo, que se encuentran intercalados por dos crecimientos radicales, que van desde mediados de octubre hasta fines de junio. El primer “flush” vegetativo, de mayor intensidad, se inicia a fines de agosto, cuando el sistema radicular es suficiente para suplir la demanda de agua y nutrientes, y finaliza a principios de enero, y el segundo “flush” vegetativo, de menor intensidad, es en otoño comienza a fines de marzo y finaliza a fines de mayo.

2.4. Fisiología del palto:

2.4.1 Sistema vegetativo

El palto alcanza hasta 20 m de altura y un diámetro de tronco superior a 1 m. Las ramas adultas son vigorosas, lisas de color verde pálido y pueden alcanzar un diámetro de 5 a 7 cm en un año (Calabrese, 1992).

Las yemas pueden ser axilares o apicales. El palto crece principalmente de las yemas apicales, debido a que las yemas axilares se desprenden o permanecen en estado latente (Calabrese, 1992).

Las hojas son alternas, simples y pecioladas, de forma variable y dimensión variada, provistas de yemas axilares (Calabrese, 1992).

2.4.2 Sistema reproductivo

En un huerto de palto, el rendimiento se encuentra estrictamente regulado por una exitosa inducción y desarrollo floral, polinización y fructificación. Problemas en cualquiera de estas etapas tiene un efecto detrimental sobre la producción del fruto, lo cual no será subsanado con posteriores prácticas culturales (Sedgley, 1987).

2.4.2.1 Inducción y diferenciación floral

La inducción floral es el resultado de una serie de cambios que ocurren en el ápice meristemático vegetativo de una yema que conduce a su transformación en meristemo floral (Gil, 2000).

La diferenciación floral, es el desarrollo dentro de la estructura de la yema que dará origen a la flor.

El conjunto de cambios de tejidos vegetativos a reproductivos, llamado inducción floral, ocurre en palto entre fines de verano e inicio de otoño (Gardiazabal y Rosenberg, 1991). Éste se encuentra estrictamente regulado por cualquier factor de estrés, bajas temperaturas, suelos con estrés de agua, *Phytophthora*, calor extremo, deficiencias de nutrientes, lo que se traduce en inducción floral, siendo el factor de mayor importancia las bajas temperaturas y la sequedad (Wolstenholme *et al.*, 1990).

La diferenciación de las yemas florales según Calabrese (1992), tiene lugar en un espacio de tiempo que va desde la parada del último “flush” vegetativo hasta la aparición de la inflorescencia. Para Gardiazabal y Rosenberg (1991), la diferenciación floral ocurre a fines de verano y parte del otoño en Chile.

2.4.2.2 Floración

La flor del palto es actinomorfa de disposición regular o estrellada, bisexuadas, compuesta por nueve estambres funcionales, el ovario es sésil con estilo alargado, las flores son pequeñas y abiertas, y pueden medir de 0.5 a 1.5 cm de diámetro (Gardiazabal, 1998). Éstas van dispuestas en inflorescencias llamada panícula, que se forman en la parte terminal de las ramas (Calabrese, 1992).

Las inflorescencias del palto pueden ser de dos tipos: determinadas, en las que el meristemo del eje primario forma una flor terminal e indeterminada, en las que se forma una yema en el ápice del eje primario y que continúa el crecimiento del brote (Salazar-García, 2000).

El palto presenta un comportamiento floral llamado dicogamia protoginea, que se define como la maduración a destiempo de los órganos masculinos y femeninos. En la mayoría de los casos, cuando el estigma está receptivo las anteras no liberan polen, o cuando no lo está se produce la liberación de polen.

La flor del palto abre en dos momentos, el estado masculino abre en una parte del día y el correspondiente al femenino la otra parte del mismo día. Por lo tanto, las variedades se han clasificado en dos grupos A y B. Los cultivares tipo A, abren al estado femenino por la mañana, y actúan como masculina la tarde del día siguiente. Por el contrario, las variedades tipo B abren como femeninas por la tarde y como masculinas a la mañana del día siguiente (Salazar-García, 2000).

Los cambios de estados en la flor del palto se encuentra regulada por las temperaturas ambientales, cuando la temperatura oscila entre los 25°C durante el día y por la noche no desciende bajo los 16°C, la flor se comporta como se describe anteriormente. Con días

nublados o fríos cuando la temperatura se mantiene por debajo de los 21°C, el comportamiento floral por la mañana es exactamente inverso, el polen es liberado por la mañana y la parte femenina se presenta por la tarde (Calabrese, 1992).

La duración de la floración en paltos es típicamente prolongada, en parte debido a que el proceso de inducción en otoño toma entre dos a tres meses en áreas donde las condiciones ambientales son más débiles; así se tiene que temperaturas frías temprano durante primavera resultarán en una prolongada floración (Wolstenholme *et al.*, 1990).

La floración en el palto comienza a fines de septiembre y se prolonga hasta el mes de noviembre. La etapa de plena flor es a fines de octubre, hasta la primera semana de noviembre (Hernández, 1991 y Tapia, 1993).

2.4.2.3 Cuaja y caída de frutitos

Los cultivares de palto pueden llegar a producir miles de inflorescencias, las que a su vez pueden estar constituidas por más de 100 flores, de forma que el número total de flores por árbol puede ser más de un millón (Sedgley y Alexander, 1983).

La cuaja de los frutos, posterior a la floración, corresponde al proceso en el cual la flor se transforma en fruto. Los frutos cuajados continúan su desarrollo hasta alcanzar su pleno tamaño y maduración, esta etapa posee un tiempo variable de duración (Razeto, 1999).

Según Tapia (1993), la caída de frutos en el palto cv. Hass para la zona de Quillota, se concentra entre la primera semana de noviembre hasta el mes diciembre, siendo ésta un

mes después de la floración. Las caídas de frutos tienen dos “peak” marcados (diciembre y marzo).

Los frutos de palto que fracasan en la cuaja se dividen en dos grupos, aquéllos provenientes de flores que fueron polinizadas, pero no se llevo a cabo la fertilización, y aquellos frutos provenientes de flores en las cuales la polinización y fertilización ocurrieron, resultando en un embrión normal y semillado (Lovatt, 1990).

Sedgley (1987) observó que durante la primera semana después de antesis la mayor parte de los frutos caídos eran producto de flores polinizadas pero no fertilizadas, lo que correspondían al 80% de éstos. Sin embargo, un mes después de la antesis todos los frutos abortados habían sido fertilizados y presentaban un normal desarrollo del embrión y del endosperma. Razeto (2000), señala que ésta caída de frutos podría tener una explicación, a el limitado abastecimiento de asimilados provenientes del follaje o una fuerte competencia por el uso de asimilados entre los frutos y los brotes vigorosos que se desarrollan en primavera. Además menciona, que una última caída puede ocurrir en otoño, como consecuencia de un aporte insuficiente de agua de riego unido a las altas temperaturas ambientales.

2.5. Factores que regulan la producción en el palto:

Uno de los problemas más serios que afectan a los frutales de hoja caduca y persistente en general, es la alternancia productiva. La falta de producción y el añerismo es una de las causas principales de las bajas producciones en frutales y ambos tienen una causa distinta. El añerismo aparece como un ciclo de producción bianual donde una gran producción es seguida por un pobre rendimiento el año siguiente (Scholefield *et al.*, 1985).

Esta característica en el palto es de origen genético, similar a la que se observa en otras especies frutales como olivo y mandarino, y parece estar relacionado con el nivel de hidratos de carbono acumulados en el tronco y ramas lo cual parece promover la diferenciación de las yemas florales (Calabrese, 1992).

Las bases fisiológicas y bioquímicas para la alternancia productiva en el palto no están bien definidas. Sin embargo, la investigación hasta el momento ha propuesto dos hipótesis para explicar la alternancia.

La primera hipótesis sugiere que la floración, el crecimiento y la producción de fruta utilizan grandes cantidades de carbohidratos. Así, un déficit de carbohidratos limitaría estos procesos y daría lugar a un año de alternancia productiva. Se piensa que una alta carga frutal sería la principal causante de la reducción en la acumulación de carbohidratos durante el otoño y el invierno del año siguiente, dando por resultado una baja floración y un gran desarrollo vegetativo. Por el contrario, durante un año de baja producción, los árboles acumularían niveles más altos de carbohidratos durante el otoño e invierno, dando resultado a una intensa floración en la temporada (Paz Vega, 1997).

La segunda hipótesis propuesta por los investigadores relaciona la alternancia productiva al papel de los reguladores de crecimiento (PGRs) producidos por la semilla de la fruta, las que inhibirían la iniciación de la flor causando una baja floración al año siguiente (Paz Vega, 1997).

Este problema se inicia bajo condiciones climáticas que producen una abscisión de flores y/o frutos dando origen a un año de baja producción, para posteriormente al año siguiente tener un año de alta producción luego que el árbol logra recuperarse. Por el contrario, condiciones climáticas óptimas para la cuaja producirán un año de alta producción, que será seguido por un año de baja producción (Lovatt, 2004).

Salazar *et al.* (1998), señalan que la producción del palto va a influir directamente en la floración. Una alta carga frutal reduce la floración de la temporada siguiente y aumenta la producción de brotes, que no crecerán durante el “flush” de verano y otoño, así habrá un número reducido de brotes que no producirán flores, como resultado de un año de baja producción.

En el caso de los cítricos la alternancia productiva es un fenómeno frecuente, el control que el fruto ejerce sobre la floración puede llegar incluso a disminuir drásticamente las flores, en éste habrá ausencia de frutos, y por consiguiente una abundante floración al año siguiente, iniciándose un ciclo de alternancia de cosechas (Agustí, 2000).

En cítricos, la alternancia productiva se encuentra regulada por balances de carbohidratos y hormonas, entre otros factores (Agustí, 2000).

En el caso de los carbohidratos, el almidón es la forma más común e importante de reserva. Puede ser acumulado promedio en concentraciones del 20% de la masa seca de algunos tejidos. Son muy importantes para el normal funcionamiento de los árboles y de gran interés para la fruticultura (Paz Vega, 1997).

En los cítricos, la disponibilidad de carbohidratos se ha sugerido como uno de los factores condicionantes de la floración (Goldschmidt *et al.*, 1982). En este sentido, la disminución de la intensidad de floración tras una cosecha elevada podría justificarse por un agotamiento de las reservas de la planta (Goldschmidt y Golomb, 1982).

Agustí (2000), señala que las raíces en un año de baja carga frutal, acumulan grandes reservas de almidón, mientras que un año de cosecha abundante la reducción de

reservas de carbohidratos en las raíces de las plantas puede ser un factor limitante en la floración.

En estudios realizados por Agustí *et al.* (2003), concluyen que los carbohidratos no son determinantes del incremento de la intensidad de la floración y no es posible atribuir un papel directo e inequívoco sobre la formación de las flores.

Por otra parte en paltos, Scholefield *et al.* (1985), afirman que en otoño existe una mínima concentración de carbohidratos, hay una disminución de la actividad vegetativa lo que se traduce en una menor competencia entre el crecimiento vegetativo y reproductivo.

Estos autores señalan que la iniciación floral ocurre cuando los niveles de carbohidratos son mínimos. Entonces, existiría una estrecha relación entre los niveles de carbohidratos y la iniciación floral. Los bajos niveles de carbohidratos podrían ser la causa del detenimiento del crecimiento vegetativo y puede ser este factor lo que determinaría en mayor grado la iniciación floral. Se piensa, que existe una fuerte competencia entre el primer “flush” de crecimiento vegetativo y la formación de los frutos, lo que contribuiría fuertemente a la caída de fruta recién cuajada. Por otra parte, se debe mencionar que los “flush” de crecimiento vegetativo ocurren justamente cuando los niveles de reserva en las ramillas son muy bajos. Por lo tanto, se debe tener presente que, manejos prácticos en el huerto que logren reducir el flush de post-antesis puedan aumentar la producción y atenuar el añerismo, característico de esta especie.

En el palto, los niveles más altos de reservas de almidón en la madera se encuentran en invierno cuando hay una detención del crecimiento vegetativo, estas reservas descienden rápidamente durante la floración para encontrarse en sus niveles más bajos durante el verano, momento en el que ocurre aborto de la fruta (Whiley y Wolstenholme, 1990). Ésta acumulación de almidón en invierno, determina el mantenimiento de la fruta en el árbol y la cosecha final. Por lo tanto, la producción dependerá del nivel de carbohidratos presente

en las plantas y la disponibilidad para las estructuras reproductivas (frutos), principalmente en el período de alta demanda.

Por otra parte, Calabrese (1992) menciona que el contenido máximo de carbohidratos, ocurre antes de la floración cuando está el fruto presente en el árbol. En años de producción abundante las plantas prácticamente agotan sus reservas de almidón hacia el momento de la diferenciación de yemas alcanzando una relación carbohidratos/nitratos desequilibrada en favor de los últimos, lo que es sabido que disminuye la capacidad del árbol para llevar a cabo la diferenciación floral.

Paz- Vega (1997), sostiene que existe evidencia que relaciona la disponibilidad de carbohidratos con la carga frutal. De ésta manera los árboles que llevan alta carga frutal en la temporada no estarían acumulando suficientes carbohidratos para una adecuada floración y crecimiento de la fruta para el año próximo, por el contrario, árboles que llevan una cosecha pequeña acumularán bastantes carbohidratos para producir una floración y una gran producción. Inversamente, hay varios estudios en los cuales no sólo se relaciona la concentración del almidón disponible con la carga frutal del año siguiente, es decir, el hecho que el ciclo de alternancia productiva no se correlacionen únicamente con los niveles de carbohidratos disponibles en las plantas, hace mención a que no es un único factor que se encuentra operando dentro de un árbol, sino una serie de factores que regulan la producción de fruta.

Sin embargo, una discusión adicional se utiliza para apoyar la hipótesis que la disponibilidad de carbohidratos sería el regulador en el ciclo de alternancia productiva, es la gran demanda de aceites que requiere la fruta, que es energía costosa. Si lo comparamos con otras frutas manzanas, naranjas y plátanos, las cantidades de azúcar que almacenan son mucho menores a las cantidades de carbohidratos que almacenan los frutos de palto. El alto contenido de aceite en el palto puede explicar porque las reservas de carbohidratos se agotan en un año de alta producción, donde hay un gran número de

frutos creciendo en los árboles, lo que para el año siguiente hará que los niveles de carbohidratos se encuentren bajos (Paz- Vega 1997).

Scholefield *et al.* (1985), mencionan que el cese de crecimiento vegetativo se relaciona con una disminución en la producción de giberelinas, permitiendo la iniciación de flor. Las semillas en desarrollo son una fuente de hormonas giberélicas que inhiben el proceso de inducción floral, por otra parte, los frutos se caracterizan por su intensa demanda metabólica. Estos dos factores explican el efecto de los frutos sobre la floración y su relación con la alternancia productiva (Wright, 1989).

Van der Walt *et al.* (1993), señalan a los reguladores de crecimiento como controladores de la floración en los árboles, indicando al ácido giberélico producido por las semillas como responsables de inhibir el proceso de inducción floral. Por otra parte, señala que árboles de baja producción tienden acumular una mayor cantidad de nutrientes, que aquellos con un número mayor de frutos, lo cual les permitirá desarrollar una mayor intensidad de floración al año siguiente.

En estudios realizados por Salazar-García y Lovatt, (1998, 1999, 2000) y Salazar-García *et al.* (1998) se determinó como influye el ácido giberélico en la inducción y diferenciación floral, dependiendo de la época de aplicación y del estado de desarrollo de las yemas. Aplicaciones tempranas de GA₃, en diferenciación floral, reducen considerablemente la producción de inflorescencias con un menor número de brotes laterales e incrementan el desarrollo de brotes vegetativos, por el contrario si es aplicado cuando la diferenciación floral ha terminado produce floración temprana y paniculas normales.

Por otra parte Wolstenholme (1985), señala que los niveles de ABA presente en el fruto del palto cuando alcanzan la madurez, inhiben el crecimiento de las yemas en los brotes durante el año de alta producción, dando un pobre desarrollo vegetativo y/o reproductivo.

2.6. Sistemas de conducción

El palto, en su hábitat natural debía competir con otros árboles mucho más altos, para obtener luz. La única forma que tenía de sobrevivir era a través de su hábito natural de crecimiento, emitir brotes largos y vigorosos, de manera de aprovechar al máximo la luz (Wostenholme, 2001).

El palto debe emitir crecimientos todos los años para mantener su producción, porque florece y fructifica en brotes terminales anuales, en la superficie del dosel (Leonardi, 2001).

La búsqueda de esta máxima eficiencia productiva ha llevado a la realización de numerosos ensayos para encontrar el sistema de conducción que permita optimizar el área de canopia por hectárea.

Tradicionalmente las distancias de plantación en un huerto de palto, han fluctuado entre 10 y 9 metros para variedades que presentan un hábito de crecimiento extendido como es el caso del cv. Fuerte, mientras que Hass la variedad más importante en el comercio frutícola mundial, por presentar un hábito de crecimiento más erecto ha adoptado distancias de plantación más estrechas en comparación a los antiguos huertos plantados con el cv. Fuerte (Köhne, 1998).

En la actualidad, los marcos de plantación en paltos se han ido estrechando de marcos de 6x6 metros a distancias de 5 a 6 entre las líneas y de 2 a 4 metros sobre estas, llegando hoy en día a distancias de 3x3 metros, buscando un sistema de formación y conducción distinto a lo que se ha considerado como el óptimo para el cultivo del palto (Mena, 2004).

2.6.1 Alta densidad

Hay principios básicos que deben ser considerados en éste sistema de plantación, que ha sido adaptado y modificado de otros frutales. La fotosíntesis se correlaciona a la superficie total de la hoja que se expone a la eficiencia de la luz, que determina la producción total de energía y materia seca. Por lo tanto, es esencial en el desarrollo vegetativo de los árboles, para que la planta funcione normalmente y realice sus procesos. Si no hay crecimiento, la producción, el tamaño de la fruta y la iniciación floral serán los afectados (Stassen, 1995).

El correcto espaciamiento de los árboles es una de las consideraciones más importantes para obtener un éxito económico en una plantación de paltos. La distancia de plantación va depender exclusivamente del tamaño de los árboles, el hábito natural de crecimiento de la variedad, el clima, el tipo de suelo, la profundidad de éste y el vigor del portainjerto utilizado.

En Sudáfrica los productores han considerado que el tamaño final de un árbol de palto es el que determina finalmente la distancia de plantación inicial, por lo que los huertos se han convertido en cavernas impenetrables a la luz, lo que ha generado superficies improductivas dentro y entre los árboles (Stassen *et al.*, 1998).

Actualmente se buscan árboles de tamaño pequeño que faciliten actividades de trabajo y manejos dentro del huerto. Así mismo, en la plantación de todo huerto nuevo los productores están preocupados de lograr rápidamente el punto de equilibrio, una producción óptima como una larga vida económica del huerto (Köhne, 1998).

Entre los objetivos, no sólo se busca la obtención de mayores ingresos en los primeros años, por el hecho de tener una mayor producción inicial, sino que también un menor

costo de operación en el huerto dado el pequeño tamaño de los árboles, favoreciendo los trabajos mecanizados dentro de éste (Mena, 2004).

El sistema en alta densidad además busca forzar una mayor competencia de las plantas a nivel radical que permita controlar el vigor de estas y mantenerlas dentro de un marco de plantación establecido. La competencia a nivel radical se establece de manera más marcada a medida que los árboles se sitúan a distancias mínimas de 3 metros entre si (Mena, 2004).

Según Wolstenholme (2001), el palto como hábito natural de crecimiento tiende a emitir brotes largos y vigorosos, formando un follaje frondoso que permite captar al máximo la luz. Es en esta búsqueda de luz, donde se produce uno de los principales problemas productivos, el emboscamiento de los huertos adultos. Con esto, el dosel del árbol se encuentra cada vez más alejado del tronco, produciendo un sombreamiento hacia el interior del árbol, se pierde follaje y se vuelve improductivo (Mena, 2004).

Es precisamente éste el problema del nuevo sistema de plantación que suele transformarse en cavernas impenetrables de luz, con superficies improductivas entre los árboles. La penetración de luz se verá restringida a la parte alta de los árboles y muy poca luz penetrará al interior de éste. Por esta razón, en este sistema de plantación, el manejo de la luz es muy importante. El árbol debe desarrollarse de manera que permita la mayor intercepción de luz, la que debe alcanzar rápidamente el área foliar óptima por unidad de área de suelo. Los diseños, la forma y la estructura de los árboles hacen posible una efectiva penetración de luz hacia las porciones mas internas del árbol (Stassen, Davie, Snijder, 1995).

Por otra parte, para alcanzar el área máxima de la hoja es importante llenar lo más rápido posible el espacio asignado para el árbol, es decir en el plazo de los primeros dos o tres años (Stassen, 1995).

Para Köhne (1998), un árbol eficiente debe cumplir los siguientes requisitos: debe tener una forma piramidal; si éste no es el caso, la parte alta de la canopia sombreará completamente a las partes más bajas y estas morirán. El árbol no debe ser muy ancho, ya que si se permite que las ramas sean largas y grandes, las partes internas del árbol morirán y sólo las partes más externas permanecerán productivas. El árbol no debe ser muy denso, ya que si una rama se desarrolla directamente sobre otra, la rama más alta sombreará a la más baja, perdiendo esta última su capacidad productiva.

3. Materiales y métodos

3.1 Ubicación del huerto experimental:

El ensayo se realizó en un huerto comercial de paltos cv. Hass, en el fundo “Los Calderones” propiedad de Desarrollo Agrario S.A. en la localidad de Llay-Llay, V Región, Chile. Ubicado en la latitud 32° 52' 50" Sur y en la longitud 70° 54' 40" Oeste, a 496 m sobre el nivel del mar.

3.2 Características climáticas de la zona del ensayo:

Las temperaturas promedio de la zona de Llay – Llay varían, con una máxima media en el mes de enero de 28,2°C y una mínima en el mes de julio de 4.4° C. El promedio anual de heladas en el año es de 11, con un período libre de heladas de 231 días. Anualmente se registran acumuladas de marzo a noviembre 1.147 h frío y 1621 días grado. El régimen hídrico presenta una precipitación media anual de 419 mm, siendo junio el mes más lluvioso con una precipitación promedio de 92,5 mm (Santibañez y Uribe, 1990).

3.3 Material vegetal:

Los árboles utilizados en el ensayo pertenecen a un huerto comercial de palto (*Persea americana* Mill) cv. Hass, con polinizante cv. Edranol al 11%, plantados el año 2004 sobre portainjerto Mexícola de semilla, distancia de plantación de 3x3 m (1.111 árboles/ha).

Inicialmente, para la selección del material experimental se midió el perímetro de los troncos y se determinó visualmente el número de frutos por árbol.

Posteriormente, para determinar cada categoría en cosecha se contabilizó el número de frutos por árbol, de ésta manera se seleccionaron 45 árboles, de los cuáles se repartieron 15 árboles por nivel alta, media y baja carga frutal (Anexo 3).

3.4 Descripción de los tratamientos:

Los tratamientos se analizaron y compararon agrupándolos en tratamientos de alta, media y baja carga frutal de la siguiente manera:

Tratamientos

T 1: 15 árboles de alta carga frutal.

T 2: 15 árboles de media carga frutal.

T 3: 15 árboles de baja carga frutal.

3.5 Diseño experimental:

Se evaluaron tres niveles de carga frutal, con 15 repeticiones cada uno, usando un diseño completamente al azar DCA. El análisis estadístico se realizó mediante análisis de varianza (ANDEVA), con un nivel de significación del 5%. Las comparaciones de medias de los niveles de carga frutal, se realizaron mediante el test de Rangos Múltiples de

Duncan, con un nivel de significancia del 5%, para lo cual se utilizó un programa computacional SPSS.

Para los datos entregados en floración en porcentaje, se transformaron a distribución normal, mediante la fórmula del arcoseno $\sqrt{x}$.

3.6 Mediciones:

Para la selección del material experimental se midió:

1. Carga frutal: La determinación de los niveles alta, media y baja carga frutal presente en los árboles se determinó en cosecha contabilizando el número de frutos por árbol.
2. Perímetro de tronco: En cada árbol en evaluación se midió el perímetro del tronco sobre la unión entre el portainjerto y la variedad. Esta medición fue realizada el mes de abril del 2006 y posteriormente se realizó una segunda medición en febrero del 2007, con la finalidad de medir en forma indirecta el hábito de crecimiento de un árbol (ANEXO 1 y 2)

Una vez seleccionado el material vegetal, se realizaron las siguientes mediciones que a continuación se describen:

1. Cosecha total:

En agosto del 2006 se realizó la cosecha de toda la fruta presente en los árboles, para evaluar la carga frutal de los árboles de cada tratamiento.

Se pesó y contabilizó por separado el número de frutos por cada árbol. De esta manera, se registró la producción total por árbol, la producción por nivel de carga y el peso promedio de los frutos. Con esta información se determinó la producción total expresada en kilogramos por árbol de los respectivos niveles.

La producción por árbol fue medida con una balanza de precisión 0,001 kg, nivelada e instalada en el lugar de acopio de la fruta después de la cosecha.

En el mes de septiembre, antes de floración, se seleccionaron dos ramas entre los 0.7-1.40 m de altura por árbol, con orientación este-oeste, en las que se realizaron las siguientes mediciones.

1. Número de brotes laterales y sublaterales: Entiéndase lateral al brote originado de una rama y sublateral al brote secundario que se origina de un lateral. Se contabilizó de cada rama seleccionada el número de brotes laterales y sublaterales.

2. Floración: En octubre, se contó el número de inflorescencias determinadas e indeterminadas existentes en el eje terminal de brotes laterales y sublaterales.

En el mismo mes, mediante una evaluación visual se determinó la intensidad de floración en toda la copa florecida de los árboles, asignando un porcentaje a cada nivel de carga frutal. La intensidad de floración corresponde al porcentaje de la copa florecida de los árboles.

3. Número de hojas: Se contabilizó el número de hojas maduras totales por árbol de cada nivel de carga, con el objetivo de evaluar y correlacionar el efecto del follaje con la carga frutal. Las hojas se contaron por cada rama del árbol, las que iban siendo marcadas una vez contabilizadas. Esta medición fue realizada después de la poda de primavera, octubre del 2006.

4. Cuaja de frutos:

Para evaluar el efecto que tiene el nivel de carga frutal sobre la cuaja de frutos, se contabilizó en el mes de enero 2007, el número de frutos totales de cada árbol seleccionado por carga frutal.

4 Resultados y discusión

4.1. Cosecha árboles de alta, media y baja carga frutal

En el Cuadro 1, se muestra el número promedio de frutos para los niveles alta, media y baja carga frutal manera que fueron agrupados los árboles de este ensayo. De esta forma se demuestra que el criterio de agrupación de las tres categorías muestran diferencias significativas en las variables productivas de los árboles.

Cuadro 1. Variables productivas de árboles de palto cv. Hass de alta, media y baja carga frutal. Llay- Llay, 2006.

Carga frutal	Número de frutos por árbol	Cosecha (kg/árbol)	*Diferencias
Alta	66.73 ± 13.04	15.6 ± 2.7	a
Media	23.90 ± 7.44	6.50 ± 2.0	b
Baja	6.70 ± 5.42	1.90 ± 1.6	c

* Letras distintas en cada columna indican diferencias significativas (Test de Duncan, P<0,05).

Si se proyecta la producción de los árboles a 1 ha, para cada nivel de carga frutal. Para el nivel alta carga frutal es de 15 ton/ha, el de media carga frutal es de 7 ton/ha, y por último los árboles con baja carga frutal 2 ton/ha.

El potencial de producción equivale a la primera cosecha de árboles jóvenes, plantados el año 2004 que no han ocupado todo el espacio asignado para su crecimiento. La altura de los árboles es pequeña no supera los 2 m, con una distancia entre plantas máxima de 2 m entre si. La forma que tienen los árboles es cilíndrica lo que les permite un mejor aprovechamiento de la luz. La formación de las plantas es en un eje central único, donde se desarrollan todas las ramas productivas, las que deberán ser renovadas una vez que hayan producido, volviéndolas hacia el interior del árbol.

El desarrollo de los árboles va a depender de numerosos factores, como clima, tipo de suelo, profundidad de suelo, vigor del portainjerto y el hábito de crecimiento natural de la variedad, entre otros (Razeto, 1990).

Una de las causas de la diferencia entre los potenciales productivos en los niveles de carga frutal, puede ser efecto de la alta variabilidad productiva de los árboles. Los valores observados, corroboran y reflejan la alta heterogeneidad que presentan los huertos de palto en su productividad los primeros años de plantación. Entre los factores mencionados, una explicación a la variabilidad son los portainjertos utilizados, que en su mayoría corresponden a material proveniente de semilla, las que presentan una alta heterocigosis (Castro *et al.*, 2003).

Cuadro 2. Efecto de la carga frutal sobre el peso promedio de frutos por planta de paltos cv. Hass. Llay- Llay, 2006.

Carga frutal	Peso promedio del fruto (g)	*Diferencias
Alta	235.10 ± 18.30	c
Media	273.38 ± 17.30	b
Baja	296.90 ± 38.30	a

*Letras distintas en cada columna indican diferencias significativas (Test de Duncan, $P \leq 0.05$).

*Medias corregidas según análisis de covarianza para separar el efecto de la carga frutal sobre el peso promedio del fruto.

Como muestra el Cuadro 2, existe diferencia significativa entre los distintos niveles de carga frutal.

En la actualidad los calibres ideales en palto son 60, 50 y 40, los que equivalen al número de frutos en cajas de 11.2 kg. Al analizar los calibres promedio de frutos por nivel de carga frutal, existen diferencias. Para los árboles del nivel alta y media carga frutal están dentro de las categorías mencionadas, por el contrario, el nivel baja carga están en el rango considerado como sobre calibre.

Uno de los factores que puede explicar las diferencias en el tamaño y el peso de los frutos es la distribución de materia seca dentro de cada brote con fruta, ésta mayormente se va a la fruta, y en una menor proporción a las hojas y tallos (Whiley *et al.*, 1990), lo que explicaría los resultados observados.

Köhne (1998), señala que la incorporación de asimilados hacia un órgano funciona como “sink” o sumidero, en función de la fuerza de “sink”, que es determinado por hormonas, el nivel de actividad y tamaño del “sink”. Son las hormonas presentes en las semillas del palto, las que juegan un papel importante en el desarrollo y tamaño del fruto.

Cuadro 3. Valores promedio del perímetro de tronco de cada árbol de palto cv. Hass por nivel de carga frutal y porcentaje de variación. Llay- Llay, 2006 y 2007.

Carga frutal	Perímetro de tronco (cm)		% Variación 2007-2006.
	11.04.06	4.01.07	
Alta	19.44 b ± 1.50	27.66 b ± 1.72	29.61 ab ± 4.93
Media	21.27 a ± 2.25	28.18 b ± 2.66	23.60 b ± 12.29
Baja	19.78 b ± 1.73	30.21 a ± 2.24	34.08 a ± 8.41

*Letras distintas en cada columna indican diferencias significativas (Test de Duncan, $P \leq 0.05$).

En el cuadro 3 se observa el perímetro de troncos en los árboles es una forma indirecta de medir el hábito de crecimiento de los árboles.

Para Salazar-García (1998), en un año de alta producción frutal, el crecimiento vegetativo se reduce considerablemente. Por el contrario, árboles que presentan bajo nivel de carga frutal, los árboles serán de mayor tamaño y desarrollo.

Pérez de Oteiza (2003), señala que en años de cosecha abundante se llega incluso a detectar disminuciones del área de sección de tronco, lo que al año siguiente cuando se tiene una escasa floración, la cosecha será baja y el crecimiento vegetativo muy vigoroso.

La primera fecha de medición el año 2006, los árboles de media carga frutal, presentaron un perímetro significativamente mayor en comparación al resto de los niveles de carga, siendo iguales los árboles del nivel alta y baja carga frutal. Si bien no fueron los resultados esperados, la explicación a que el perímetro de tronco sea igual para el nivel baja y alta carga frutal, puede ser atribuida por una parte a los factores que inciden en el desarrollo inicial de los árboles, los que van a depender del clima, el tipo de suelo, la profundidad del suelo, vigor del portainjerto y el hábito de crecimiento natural de la variedad, entre otros.

Para que un árbol alcance el área máxima de hoja en un huerto debe llenar los dos primeros años el espacio asignado. La buena preparación del suelo, el retiro de factores en el suelo que restrinjan el potencial productivo y el crecimiento son muy importantes (Davie, Snijder y Stassen, 1995).

Para la segunda medición el año 2007, los árboles de baja carga frutal, presentaron un perímetro significativamente mayor en comparación al resto de los niveles de carga frutal, siendo iguales el nivel alta y media carga frutal. Es posible que estos resultados sean explicados, por la competencia que se genera entre el crecimiento vegetativo con la producción frutal, siendo las plantas que presentan un menor número de frutos, las que generan un mayor crecimiento vegetativo.

Por otra parte, el porcentaje de variación del perímetro de tronco en árboles de alta carga frutal es igual al nivel media y baja carga. Sin embargo, los árboles del nivel media y baja carga frutal son estadísticamente distintos. Por esta razón, no es posible afirmar que, en el período considerado los troncos de los árboles hayan crecido más o menos por efecto ninguno de la carga frutal del año anterior.

Cuadro 4. Número promedio de hojas por planta de paltos cv. Hass, por nivel de carga frutal. Llay- Llay, octubre del 2006.

Carga frutal	Nº de hojas por árbol	*Diferencias
Alta	2389 ± 477.60	a
Media	2217 ± 309.55	a
Baja	2496 ± 553.18	a

* Letras distintas en cada columna indican diferencias significativas (Test de Duncan, $P < 0,05$).

En el cuadro 4 no se observan diferencias significativas en el número de hojas de los árboles seleccionados para los distintos niveles de carga frutal. Es importante señalar que el número de hojas contabilizadas por árbol es el follaje inicial que abastecerá a la fruta recién cuajada en los árboles.

El tener un sistema de conducción de alta densidad, con marcos de plantación de 3 x 3 m, busca forzar una mayor competencia de las plantas a nivel radical, que permita controlar el vigor de éstas y mantenerlas dentro de un marco de plantación establecido, entre otras cosas.

Las plantas deberán mantenerse iluminadas y dentro de un espacio establecido. Para lo cual deberán ser podadas. Las labores de poda dentro del huerto, fueron realizadas en dos épocas, primavera (octubre) y verano (enero).

La poda en árboles establecidos en alta densidad, se mantiene a una altura que no supera los dos m, la formación es en un eje central, de donde se desarrollan todas las ramas productivas. Las podas en este sistema, busca mantener los árboles a una altura y renovar las ramas que ya hayan producido, volviéndolas hacia el interior del árbol (Mena, 2004).

Por éste motivo, la explicación a la igualdad en el número de hojas totales en los árboles del ensayo, posiblemente se deben a las labores de poda realizadas en el mes de octubre, anterior a la fecha de medición. Por otra parte, posiblemente los árboles que presentaron una baja carga frutal en la temporada 2006, son plantas de mayor tamaño y desarrollo, por lo que debieron ser fuertemente podadas y estadísticamente no mostraron diferencias en el parámetro medido. El podar fuertemente una planta que el año anterior tuvo una baja producción, promoverá una mayor emisión de brotes, sobre los cuales se desarrollarán la mayoría de las flores de la siguiente temporada, lo que traerá una producción alta en el año.

El Cuadro 5, muestra el número promedio de brotes laterales y sublaterales de dos ramas seleccionadas por árbol entre los 0.7 – 1.4 m con orientación este-oeste por nivel de carga frutal, que posteriormente fueron evaluadas en floración.

Cuadro 5. Número promedio de brotes laterales y sublaterales de dos ramas seleccionadas de paltos cv. Hass, por nivel de carga frutal. Llay- Llay, 2006.

Carga frutal	Nº brotes laterales	Nº brotes sublaterales
Alta	9.30 b $\pm$ 0.8	11.6 a $\pm$ 8.0
Media	13.0 ab $\pm$ 3.6	11.6 a $\pm$ 4.6
Baja	14.5 a $\pm$ 4.9	11.3 a $\pm$ 9.6

* Letras distintas en cada columna indican diferencias significativas (Test de Duncan, P<0,05).

Árboles de media y baja carga frutal, presentan un promedio mayor de brotes laterales, siendo el nivel alta carga frutal, significativamente menor en el número promedio de éstos.

En el número promedio de brotes sublaterales, no se observa ninguna diferencia estadística siendo todos los árboles de los distintos niveles de carga frutal iguales.

El hecho que el nivel de alta carga frutal presente un número menor de brotes laterales, se puede deber, a la represión que ejercen los frutos sobre el crecimiento vegetativo. Scholefield *et al.* (1985), señalan que existe una fuerte competencia entre el primer “flush” de crecimiento vegetativo y la formación de frutos, lo que explica la fuerte competencia que se genera entre el crecimiento vegetativo y el reproductivo.

La brotación en árboles de alta carga frutal es menos vigorosa. Los brotes laterales de un árbol con alta carga frutal, originaron un número mayor de brotes sublaterales, porque tienen baja dominancia apical, por lo que tienden a ramificar mayormente, por el contrario árboles de baja carga frutal son plantas muy vigorosas que inhiben las yemas laterales de los brotes, originando un número menor de ellos.

El tener una alta carga frutal la temporada anterior, reduce el número de brotes laterales en los árboles, sobre los cuales se desarrollará un número menor de flores, y como consecuencia originará menos frutos cuajados en la temporada.

4.2. Floración

En floración se evaluó el número de inflorescencias totales y el promedio de éstas en brotes laterales y sublaterales en dos ramas seleccionadas anteriormente, a los 0.7–1.4 m por árbol de cada nivel de carga frutal.

Cuadro 6. Número promedio de inflorescencias totales e inflorescencias en brotes laterales y sublaterales de dos ramas seleccionadas de paltos cv. Hass, por nivel de carga frutal. Llay - Llay, 2006.

Carga frutal	Nº de inflorescencias totales indeterminadas	Nº promedio de inflorescencias en brotes laterales	Nº promedio de inflorescencias en brotes sublaterales
Alta	5.40 b $\pm$ 5.10	2.1 b $\pm$ 2.7	0.1 b $\pm$ 0.4
Media	16.9 a $\pm$ 5.10	6.2 a $\pm$ 2.1	2.0 ab $\pm$ 0.5
Baja	18.1 a $\pm$ 11.0	7.4 a $\pm$ 3.2	4.1 a $\pm$ 3.4

*Letras distintas en cada columna indican diferencias significativas (Test de Duncan, $P < 0,05$).

El Cuadro 6 muestra el número promedio de inflorescencias totales e inflorescencias sobre brotes laterales y sublaterales. En los árboles de alta carga frutal, éstos son significativamente menores a los niveles de media y baja carga frutal.

Es importante señalar que el número total de inflorescencias medidas en un 100% corresponden a inflorescencias indeterminadas.

El promedio de inflorescencias sobre brotes laterales es significativamente mayor al promedio de inflorescencias en brotes sublaterales.

Se observa en el Cuadro 6, la relación que existe entre la carga frutal del año anterior con el número promedio de inflorescencias totales producidas, reflejando el fenómeno de alternancia característico en el palto. Una alta carga frutal produce la temporada siguiente, una reducción en la intensidad de la floración. La producción tiene un efecto detrimental sobre los eventos de la floración, desde el desarrollo de la inflorescencia a la antesis de la flor (Salazar *et al.*, 1998).

Las bases fisiológicas y bioquímicas para explicar porque una alta carga frutal produce la temporada siguiente una reducción en la intensidad de la floración, no están bien

definidas, hasta el momento se han propuesto a los carbohidratos y hormonas responsables de ésta característica genética (Paz- Vega, 1997).

Se relaciona la disponibilidad de carbohidratos con el nivel de carga frutal. Es decir, árboles que llevan una alta carga frutal en la temporada no estarían acumulando suficientes carbohidratos para una adecuada floración y crecimiento de la fruta para el año próximo, por el contrario, árboles que llevan una cosecha pequeña acumularán carbohidratos para producir una gran floración y producción (Paz- Vega, 1997).

Un árbol con una alta carga frutal el año anterior, tendrá muchos frutos con semillas en desarrollo, ésta fuente de hormonas giberélicas inhiben el proceso de inducción floral. Por otra parte, los frutos tienen una demanda metabólica. Estos dos factores explican el efecto de los frutos sobre la floración y su relación con la alternancia productiva (Wright, 1989).

Cuadro 7. Efecto de la carga frutal de paltos cv. Hass, sobre el porcentaje de floración de cada árbol por nivel de carga frutal. Llay- Llay, 2006.

Carga frutal	Porcentaje de la copa florecida	*Diferencias
Alta	14.30 ± 5.4	c
Media	48.74 ± 7.94	b
Baja	63.34 ± 12.82	a

* Letras distintas en cada columna indican diferencias significativas (Test de Duncan, P<0,05). Para análisis estadístico se realizó transformación de los porcentajes de floración a distribución normal mediante la fórmula del arcoseno $\sqrt{x}$.

En el Cuadro 7, se observa el porcentaje de la copa florecida de los árboles. La evaluación se realizó por apreciación visual, donde se asignó a cada árbol un porcentaje según la copa florecida.

En todos los niveles de carga frutal, el porcentaje de la copa florecida es estadísticamente distinto. Los árboles de media y baja carga frutal presentan un porcentaje mayor de la copa florecida, siendo el nivel de alta carga frutal, el que presenta el menor porcentaje de la copa florecida. Por lo tanto, coincide con la información entregada anteriormente.

Es importante mencionar que el porcentaje de floración entre los niveles de carga frutal varía entre un 15 a un 30%, lo que explica la diferencia significativa que existe entre los árboles seleccionados. Esta diferencia se explica como una consecuencia de la alta carga frutal de la temporada anterior, lo que se traduce al año siguiente en una escasa floración, aumentando con ello la producción de brotes vegetativos, que no producirán flores, como resultado de un año de alta producción (Salazar *et al.*,1998).

Paz- Vega (1997), señala que la floración y el desarrollo de la fruta utilizan grandes cantidades de carbohidratos, el déficit de éstos en la planta, limita los procesos, originando un ciclo de alternancia productiva. Además, establece dentro de sus hipótesis que las giberelinas producidas por las semillas del palto, inhibirían la floración al año siguiente de una alta carga frutal.

Sin embargo, estudios realizados por Agustí *et al.*, (2003) en cítricos, concluyen que los carbohidratos no son determinantes del incremento de la intensidad de la floración y no es posible atribuir un papel directo e inequívoco sobre la formación de las flores.

4.3. Cuaja de frutos

Cuadro 8. Número de frutitos promedio por planta de paltos cv. Hass, por nivel de carga frutal. Llay- Llay, enero del 2006.

Carga frutal	Número promedio de frutitos	*Diferencias
Alta	76.86 ± 61.87	b
Media	135.46 ± 76.55	a
Baja	141.86 ± 81.47	a

* Letras distintas en cada columna indican diferencias significativas (Test de Duncan, P<0,05).

En relación al número promedio de frutitos en el Cuadro 8, esta nueva temporada 2007 los árboles de nivel media y baja carga frutal son estadísticamente iguales, sin embargo, los árboles de alta carga frutal son distintos en el número promedio de frutos siendo este último significativamente menor.

Árboles que presentaron una baja carga frutal la temporada 2006, presentaron un número mayor de frutos la temporada siguiente, hecho que puede ser atribuido a la alternancia productiva característica del palto. Por el contrario, para el nivel alta carga frutal, el número de frutos cuajados es mayor que el número promedio de frutos cosechados para los mismos árboles en agosto del 2006. La explicación al aumento de los frutos, puede ser atribuida a la edad de las plantas que tienen dos años y no han ocupado totalmente el espacio asignado, por lo que no han alcanzado su máximo potencial productivo.

Van der Walt, Davie y Smith (1993), señalan que árboles de baja producción tienden acumular una mayor cantidad de nutrientes, que aquellos con un número mayor de frutos, lo cual les permitiría desarrollar una mayor intensidad de floración al año siguiente.

Paz- Vega (1997) señala que un árbol en floración utiliza grandes cantidades de energía en producir una gran cantidad de flores, por lo cual agotaría gran parte de sus reservas,

limitando su fuente para el cuajado y crecimiento de frutos. Esto desencadena fenómenos de alternancia y/o falta de producción, lo que explica que un árbol de baja carga frutal, el promedio de frutos cuajados sea mayor al número de frutos cuajados en un árbol que la temporada anterior presentó una alta carga frutal.

Scholefield, *et al.* (1985), señalan que existe una fuerte competencia entre el primer “flush” de crecimiento vegetativo y la formación de los frutos, lo que contribuiría fuertemente a la caída de fruta recién cuajada.

5. Conclusiones

La carga frutal del año anterior, afecta directamente el número promedio de inflorescencias totales producidas en primavera. Se observó una relación inversa entre la carga frutal de la temporada con el porcentaje de copa florecida, entre los distintos niveles de carga.

Se observó un número mayor de inflorescencias, sobre brotes laterales.

No se presentaron diferencias en el número promedio de hojas después de la poda, entre los distintos niveles de carga frutal.

Se determinó un efecto directo de la carga frutal del año, sobre el promedio de frutos en árboles de baja carga.

La carga frutal presente en los árboles al inicio de la temporada, tienen un efecto directo sobre el peso promedio de los mismos.

6. Literatura citada

Agustí, M. 2000. Citricultura. p. 416. Ediciones Mundi – Prensa, Madrid, España.

Agustí, M., A. Martínez-Fuentes., C. Mesejo, M. Juan y V. Almela. 2003. Cuajado y desarrollo de los frutos cítricos. 80p. Generalitat Valenciana, serie de divulgación técnica N°55, Valencia, España.

Calabrese, F. 1992. El Aguacate. p. 249. Ediciones Mundi-Prensa. España.

Castro, M., C. Fassio., N. Darrouy., y A. Ben Ya`acov. 2003. Determinación de rangos de variabilidad en los niveles de producción del cv. Hass sobre portainjertos de semilla de raza mexicana en Chile. p. 155- 160. *In: V Congreso Mundial del Aguacate*, Granada-Málaga, España. 19 – 24 de octubre de 2003. Consejería de Agricultura y Pesca, Andalucía, España.

Gardiazabal, F., y G. Rosenberg. 1991. Cultivo del palto. p 201. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía, Quillota, Chile.

Gardiazabal, F. 1998. Floración en paltos. p. 51-72. Soc. Gardiazabal y Magdahl Ltda. *In: Seminario Internacional del palto*. Viña del Mar, 4-6 de noviembre de 1998.

Gil, G. 2000. Fruticultura: La producción de fruta. Fruta de climas templados y subtropicales y uva de vino. p. 583. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.

Goldschmidt, E., and A. Golomb. 1982. The carbohydrate balance of alternate bearing citrus trees and significance of reserves for flowering and fruiting. *J Amer Soc for Hort Sci*, 107, 206 - 208.

Hernández, F. 1991. Aproximación al ciclo fenológico del palto (*Persea americana* Mill.) cv. "Hass". p. 103. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía, Quillota, Chile.

Köhne, J., and S. Kremer-Köhne. 1987. Vegetative growth and fruit retention in avocado as affected by a new plant growth regulator (paclobutrazol). *Proceedings of the World Avocado Congress*, Pretoria. South African Growers Association Yearbook 10: 64 - 66.

Köhne, J.S. 1998. Distancias de plantación y control del tamaño en paltos en Sudáfrica. p. 73 - 80. Soc. Gardiazabal y Magdahl Ltda. *In* Seminario Internacional del Palto. Viña del Mar, 4 - 6 de noviembre de 1998.

_____ 1998. Floración, desarrollo de fruta y manipulación de la producción en paltos. p 81-90. Soc. Gardiazabal y Magdahl Ltda. *In* Seminario Internacional del Palto. Viña del Mar, 4 - 6 de noviembre de 1998.

Leonardi, J. 2001. Progres in canopy management of avocado. www.avocadosource.com, The Hofshi Foundation 2004. *on line*.

Lovatt, C. 1990. Factors affecting fruit set / early fruit drop in avocado. California Avocado Society Yearbook 74: 193- 199.

_____ 2004. Eliminating alternate bearing of "Hass" Avocado. Proceeding of the California Avocado Research Symposium, October 30, 2004. University of California, Riverside. California Avocado Commission. Pages 89-95. www.avocadosource.com

Magdahl, C. 1998. "La industria de la palta en Chile". p. 1-13. Soc. Gardiazabal y Magdahl Ltda. *In* Seminario Internacional de paltos. Viña del Mar, 4-6 de noviembre de 1998.

_____ 2004. "La industria de la palta en Chile". p. 1-17. Soc. Gardiazabal y Magdahl Ltda. *In* Segundo Seminario Internacional de paltos. Quillota, 29 - 30 de septiembre y 1 de octubre de 2004.

Martínez-Fuentes, A., C. Mesejo., M. Juan., V. Almela y M. Agustí. 2003. Acción del Paclobutrazol sobre la floración de los cítricos y su relación con el metabolismo de los azúcares. Instituto Agroforestal Mediterráneo. Universidad Politécnica de Valencia, España.

Mena, F. 2004. "Poda en Paltos". Soc. Gardiazabal y Magdahl Ltda. p. 1-13 *In* Segundo Seminario Internacional de paltos. Quillota, 29 y 30 de septiembre y 1 de octubre de 2004.

Monselise, S.P. and E. Goldschmidt. 1882. Alternate bearing in fruit trees, Horticultural Reviews 4: 128 - 173.

ODEPA. 2006. Superficie de frutales en Chile. Disponible en <http://www.odepa.cl>. 2006. Leído el 18 de Agosto de 2006.

Paz-Vega, S. 1997. Alternate bearing in the avocado (*Persea americana mill*). California Avocado Society Yearbook 81: 117-148.

Pérez de Oteyza, M.A, J.M. Hermoso y J.M. Farré. Aspectos energéticos de la floración y productividad del aguacate hass. p. 305-310. *In: V Congreso Mundial del Aguacate*, Granada-Malaga, España. 19 – 24 de octubre de 2003. Consejería de Agricultura y Pesca, Andalucía, España.

Razeto, B. 2000. El Palto un árbol magnifico pero de discreta producción. p.: Aconex (Jul-Sep 2000) (no. 68) p. 5-8.

_____ 1999. Para entender la fruticultura. p. 373. Tercera edición. Santiago, Chile.

Salazar- García, S., E. Lord, and C. Lovatt. 1998. Inflorescence and flower development of the Hass avocado (*Persea americana Mill.*) during on and off crops years. *Journal of the American Society for Horticulture Science* 123 (4): 537-544.

_____ and C. Lovatt. 1998. GA₃ application alters flowering phenology of Hass avocado. *Journal of the American Society for Horticulture Science* 123: 791-797.

_____ and C. Lovatt. 1999. Winter trunk injections of gibberellic acid altered the fate of Hass avocado buds: effects on inflorescence type, number and rate of development. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 74: 69-73.

_____ and C. Lovatt. 2000. Use of GA₃ to manipulate flowering and yield of avocado. *Journal of the American Society for Horticulture Science* 123: 537-544.

Salazar-García S. 2000. "Fisiología reproductiva del aguacate". p. 57- 83. *In: Teliz, D. ed. El aguacate y su manejo integrado*. Ediciones Mundi-Prensa. México.

Santibañez, F., y J. Uribe. 1990. Atlas agroclimático de Chile, regiones V y Metropolitana. p. 65. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Santiago, Chile.

Scholefield, P., M. Sedgley, and D. Alexander. 1985. Carbohydrate cycling relation to shoot growth, floral initiation and development and yield in the avocado. *Scientia Horticulturae*, 25(2): 99-110.

Sedgley, M., and D.M. Alexander. 1983. Avocado breeding research in Australia. *California Avocado Society Yearbook* 67: 129-140.

_____1987. Flowering, pollination and fruit-set of avocado. *South African Avocado Growers Association Yearbook* 10: 42-43

Stassen. P.J.C. 1995. Principles involved in tree management of higher density Avocado orchards. *South African Growers Association Yearbook* 18: 47-50.

Stassen, P.J.C., Davie and Snijer. 1995. Principles Involved in Tree Management of Higher Density Avocado Orchards. *South African Avocado Growers Association Yearbook*. 18:47-50.

_____1998. Training young Hass Avocado Trees into a central leader for accommodation in higher density orchards. *Proc. Of third World Avocado Congress*. p. 251-254.

Stassen, P. J. C. 1999. Canopy Management Panel Summary. *In: M. L. Arpaia and R. Hofshi (eds.), Proceedings of Avocado Brainstorming. Session 3. Canopy Management. Page 44. October 27-28, 1999. Riverside, CA. Hofshi Foundation.* <http://www.avocadosource.com>.

Tapia, P. 1993. Aproximación al ciclo fenológico del palto (*Persea americana* Mill) cv. "Hass". p.130. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía, Quillota, Chile.

Teliz D., G Mora. y L. Morales. 2000. Importancia histórica y socioeconómica del aguacate. p. 219. *El aguacate y su manejo integrado*. Ediciones Mundi-Prensa. México.

Thorp, T. and Sedgley, M. 1992. Shoot growth and tree architecture in range of avocado cultivars. p 237-240. *En el Segundo Congreso Mundial de la palta*.

Van der Walt. M., S.J. Davie and D.G. Smith. 1993. Carbohydrate and other studies on alternate bearing Fuerte and Hass Avocado trees. South African Avocado Growers Association Yearbook 16: 82-85.

Whiley, A.W., and B.N. Wolstenholme. 1990. Carbohydrate management in avocado trees for increased production. South African Avocado Growers Association Yearbook 13: 25 - 27.

Wolstenholme, B.N. 1985. Theoretical and practical implications of plant growth substance trends in developing "Fuerte" avocado fruits. South African Avocado Growers Association Yearbook 8: 92-96.

Wolstenholme, B., J. Saranah., and A. Whiley. 1990. Manipulating vegetative, reproductive growth in avocado (*Persea americana* Mill.) with paclobutrazol foliar sprays. *Scientia Horticulturae* 41 (4): 315-327.

_____. 2001. Ecology: Climate and the edaphic environment. In: Whiley, A., Schaffer, B. and, Wolstenholme, B.N. 2002. *The Avocado: Botany, Production and Uses*. CABI Publishing. 233 pp.

Wright, C.J. 1989. Interactions between vegetative and reproductive growth. In: Wright, C.J. (ed). *Manipulation of fruiting*. p. 15-27. Butterworths.