

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA DE FRUTICULTURA



TALLER DE LICENCIATURA

EVALUACIÓN DE UN PROGRAMA DE NUTRICIÓN A BASE DE ÁCIDOS
CARBOXÍLICOS SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DE UN HUERTO DE
PALTO (*Persea americana* Mill) cv. HASS.

JOSÉ LUIS ALVAREZ ANDRADES

QUILLOTA CHILE

2003

ÍNDICE DE MATERIAS

1. INTRODUCCIÓN

- 1.1. Hipótesis de trabajo
- 1.2. Objetivo general
- 1.3. Objetivos específicos

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- 2.1. Características del cultivar Hass
- 2.2. Cuaja
- 2.3. Desarrollo de los frutos
- 2.4. Control metabólico del desarrollo del fruto
 - 2.4.1. División celular
 - 2.4.2. Metabolismo de carbohidratos
 - 2.4.3. Reguladores del crecimiento
- 2.5. Factores que afectan el crecimiento del fruto
 - 2.5.1. Factores genéticos
 - 2.5.2. Condiciones ambientales
 - 2.5.3. Anatomía y morfología
 - 2.5.4. Competencia vegetativa
 - 2.5.5. Edad de los árboles
- 2.6. Antecedentes sobre la fisiología del estrés
- 2.7. Metabolismo de las plantas
 - 2.7.1. Fotosíntesis
 - 2.7.2. Respiración
 - 2.7.3. Substratos energéticos
- 2.8. Ácidos orgánicos en las plantas
 - 2.8.1. Metabolismo de los ácidos orgánicos
- 2.9. Ácidos carboxílicos
 - 2.9.1. Obtención de los ácidos carboxílicos
 - 2.9.2. Antecedentes
 - 2.9.3. Ensayos realizados en Chile
 - 2.9.4. Productos a base de ácidos carboxílicos
 - 2.9.4.1. Promesol 5x
 - 2.9.4.2. Packhard

3. MATERIALES Y MÉTODO

- 3.1. Ubicación del ensayo
- 3.2. Recursos del predio
 - 3.2.1. Clima
 - 3.2.2. Agua

- 3.2.3. Suelo
- 3.3. Materiales
 - 3.3.1. Material vegetal
 - 3.3.2. Productos aplicados
 - 3.3.2.1. Promesol5x
 - 3.3.2.2. Packhard
 - 3.3.3. Materiales de medición
- 3.4. Descripción del ensayo
 - 3.4.1. Tratamientos realizados
 - 3.4.2. Variables evaluadas
 - 3.4.2.1. Diámetro polar y ecuatorial
 - 3.4.2.2. Porcentaje de aceite
 - 3.4.2.3. Rendimiento por árbol
 - 3.4.2.4. Distribución de calibres
 - 3.4.2.5. Largo final del brote de la temporada
 - 3.4.2.6. Floración y cuaja
 - 3.4.2.7. Análisis de suelo y foliar
- 3.5. Análisis estadístico

4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- 4.1. Efecto sobre el desarrollo de los frutos
- 4.2. Evolución del porcentaje de aceite
- 4.3. Rendimiento
- 4.4. Distribución de calibres
- 4.5. Crecimiento vegetativo
- 4.6. Intensidad de floración
- 4.7. Porcentaje de cuaja y caída
- 4.8. Análisis de suelo
- 4.9. Análisis foliar

5. CONCLUSIONES

6. RESUMEN

7. LITERATURA CITADA

ANEXOS

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de paltos en Chile ha mostrado un fuerte desarrollo en los últimos años, impulsado básicamente por la alta rentabilidad obtenida, es así como el ritmo de crecimiento es cercano a las 1.000 ha por año, lo que llevará a un aumento de la oferta, disminuyendo los retornos de los productores.

Junto con incrementar la producción de los huertos es necesario mejorar el tamaño de la fruta cosechada, ya que el aumento de la oferta lleva consigo un aumento en las exigencias del mercado importador, siendo uno de los factores limitantes para la exportación de paltas chilenas,

Chile exporta aproximadamente el 30 % de la producción nacional, principalmente a Estados Unidos que acapara cerca del 90 % de nuestras exportaciones, que en un 90% corresponde a la variedad Hass. Esta tiene un período de cosecha desde fines de julio, en zonas tempranas, hasta principios de mayo en zonas de cosecha tardía, concentrándose los envíos a Estados Unidos entre los meses de agosto y noviembre, dado que este país presenta una baja oferta en ese momento. El resto de los meses se comercializa principalmente en el mercado interno.

En Chile las plantaciones están localizadas mayoritariamente entre las latitudes 29° 53' S y 33° 41' S, que corresponde a La Serena y Melipilla, respectivamente. Entre las principales zonas de producción se encuentran los valles de La Ligua y Petorca, donde se concentra el 35 % de la superficie nacional del cultivar Hass. Mismo porcentaje que posee la zona del valle del Aconcagua, en localidades como La Cruz, Hijuelas y Quillota, Más al sur están los valles formados por el río Maipo y Mapocho que representan el 15% de la superficie nacional, en esta son conocidas las localidades de Mallarauco y Melipilla.

Esta última área de producción presenta características que limitan fuertemente la productividad de los huertos, en primer lugar se debe citar que las aguas de riego provenientes del río Mapocho y Maipo son altamente salinas y con una alta concentración de cloruros. Siendo el palto una especie sensible a la salinidad, es común observar plantaciones en que los árboles presentan quemaduras en las hojas que comprometen un porcentaje importante del follaje, por lo que la producción de estos huertos es relativamente baja, no superando las 6-7 ton/ha.

Si bien las temperaturas en floración son mejores que las de los valles de Aconcagua y Petorca, provocando una excelente cuaja, la caída de frutitos es considerable dada la baja capacidad que tienen los árboles para soportar una alta carga, producto del daño por salinidad en las hojas. Sin embargo, árboles de la zona regados con agua de buena calidad logran rendimientos superiores a 15 ton/ha.

En segundo lugar las características del verano, que es bastante cálido y seco, no son las adecuadas para un correcto desarrollo de los frutos. Si bien Hass es una variedad que presenta entre un 5 y 20 % de fruta pequeña, este problema se acentúa en climas calurosos y secos (WOLSTENHOLME y WHILEY, 1995). Y es progresivo a medida que el árbol envejece (CUTTING, 1993).

Se puede agregar que el invierno es frío y con riesgo de heladas, por lo que el crecimiento del fruto en esta estación es lento, lo que además podría limitar los calibres exportables en la ventana de exportación.

1.1. Hipótesis de trabajo:

Los productos a base de ácidos carboxílicos de bajo peso molecular actuarían como un soporte energético frente a la condición de estrés durante los primeros 120 días de

vida del fruto. De esta forma se lograría una mayor producción y mejor distribución de calibres en cosecha.

1.2. Objetivo general:

Evaluar el efecto un programa de nutrición a base de ácidos carboxílicos sobre la productividad en plantas de palto

1.3. Objetivos específicos:

Evaluar el efecto de la aplicación de ácidos carboxílicos sobre el crecimiento del fruto.

Evaluar el efecto de la aplicación de ácidos carboxílicos sobre evolución del porcentaje de aceite en el fruto.

Evaluar el efecto de la aplicación de ácidos carboxílicos sobre el rendimiento y la distribución de calibres.

Evaluar el efecto de la aplicación de ácidos carboxílicos sobre el crecimiento vegetativo de la temporada.

Evaluar el efecto de la aplicación de ácidos carboxílicos sobre intensidad de la floración, cuaja y caída de frutos.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Características del cultivar Hass:

Las primeras referencias que se tienen de la variedad Hass, se remontan a 1926, año en el cual Rudolph G. Hass, obtuvo plantas de esta variedad a partir de semillas de un huerto al sur de California (GARDIAZABAL y ROSENBERG, 1991).

WOLSTENHOLME y WHILEY (1995) señalan que es el cultivar más importante en las principales áreas de producción como California, Chile e Israel, debido principalmente a la excelente calidad interna del fruto y al mayor rendimiento que presenta, en comparación a su antecesor (Fuerte).

El árbol tiene un desarrollo mediano, de crecimiento erecto, pero no piramidal. No presenta una tendencia tan marcada al añerismo y es bastante regular en cuanto al comportamiento de cada ejemplar en el huerto. Gran productor, además de ser precoz, encontrándose frutas en árboles de 2 y 3 años. Al ser una variedad del tipo Guatemalteca, es sensible a las heladas, resistiendo hasta $-1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (GARDIAZABAL y ROSENBERG, 1991).

Su floración se produce desde septiembre a noviembre y la cosecha se puede realizar durante ocho meses en una misma zona, desde septiembre a abril (GARDIAZABAL y ROSENBERG, 1991).

La clasificación botánica del fruto lo describe como una baya monocarpelar, la cual contiene una sola semilla (CUMMING y SCHROEDER, 1942). Son de forma piriforme a ovoide. El peso varía de 170 a 350 g, aunque en varios países tiende a ser de poco peso; pulpa cremosa de sabor excelente, sin fibra, contenido de aceite de

hasta 23,7%; cascara algo coriácea, rugosa, color púrpura oscuro al madurar; semilla pequeña y adherida a la cavidad. Su fruta se puede mantener en el árbol por algunos meses después de la madurez fisiológica (GARDIAZABAL y ROSENBERG, 1991),

En relación al tamaño del fruto, COWAN *et al.* (2001); RICHINGS, RYAN y COWAN (2000); WOLSTENHOLME y WHILEY (1995); CUTTING (1993) y ZILKAH y KLEIN (1987) mencionan que este cultivar tiende a producir un porcentaje importante de fruta pequeña de bajo valor económico.

2.2. Cuaja:

Cuando culmina el proceso de floración, se ha producido la fecundación y las primeras divisiones celulares del embrión que le siguen. En ese momento el fruto alcanza el estado fenológico de cuajado, luego del cual comienza el proceso de desarrollo de los frutos (RODRÍGUEZ, 1982).

La cuaja se ve influenciada por el éxito completo de los procesos de polinización y fertilización, siendo la cuaja y caída temprana los estados mas críticos del desarrollo del fruto (LOVATT, 1990).

El éxito en la formación de frutos en los días posteriores a la antesis depende de la disponibilidad de fotoasimilados y las condiciones climáticas (WHILEY *et al.*, 1996).

SEDGLEY (1980) menciona que sobre el 90% de los frutos que abscisionan durante la primera semana después del final de la floración, no habrían sido fertilizados, y el resto de los caídos, serían frutos anormales.

La abscisión de frutitos normales durante el periodo temprano de ajuste es un factor critico en la producción del palto (LOVAT, 1997).

La segunda caída de frutos es temprano en verano. De igual forma, está asociado con un "flush" vegetativo principal, resultando en una competencia en el ciclo de crecimiento por las reservas del árbol, esta caída a la vez estaría correlacionada directamente con la retención final de fruta (WHILEY, 1990), Esta caída se aprecia levemente en número, aunque es mucho más significativa en materia seca, ya que el tamaño de los frutos caídos es mucho mayor (TAPIA, 1993). Según SEDGLEY (1985) ésta ocurriría un mes después de la floración, no existiendo una razón de tipo anatómico, como ocurriría en la primera caída.

WOLSTENHOLME (1986) establece que el desarrollo del fruto demanda un alto costo energético aportados por el metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas, lo que lleva a pensar que un estrés durante las etapas tempranas del crecimiento del fruto puede afectar su potencial calibre. Además, WHILEY y WOLSTENHOLME (1995) indican que el delicado tejido embrional es fácilmente dañado por condiciones ambientales desfavorables de bajas o altas temperaturas, desecación o deficiencias nutricionales. Tales condiciones pueden ocasionar que el pequeño fruto caiga, que se desarrolle uno sin semilla o que su tamaño sea menor.

El primer requisito para un buen establecimiento de los frutos, es el correcto desarrollo de las flores. Además existe un segundo requerimiento importante, la necesidad de un cierto rango de temperaturas durante y después de la floración para asegurar consecutivamente la buena floración, desarrollo del tubo polínico y fertilización. El tercer requerimiento es después de la fertilización, cuando el fruto joven requiere altos niveles de fotosintatos (FAUST, 1989).

2.3. Desarrollo de los frutos:

Después que la fecundación tiene lugar, comienza la formación y el crecimiento del fruto, que es muy intenso en los primeros momentos del desarrollo (CALABRESE, 1992),

GILLASPY, BEN-DAVID y GRUISSEM (1993) señalan que el crecimiento de la mayoría de los frutos se puede dividir generalmente en tres fases. La primera fase incluye el desarrollo del ovario, fertilización y cuaja; la segunda fase se caracteriza por una continua división celular, formación de la semilla y temprano desarrollo del embrión; y en la tercera fase ocurre una expansión celular y la maduración del embrión.

El desarrollo del fruto del palto, basado tanto en dimensión como en masa, sigue una curva sigmoidea simple donde la primera fase persiste aproximadamente por 10 semanas después de plena flor. La fase de crecimiento exponencial dura hasta aproximadamente 30 semanas después de plena flor, dependiendo del cultivar y del ambiente. Luego sigue la fase de maduración, donde la tasa de crecimiento es baja (COWAN *et al.* 2001).

COWAN (1997) agrega que la división celular en el mesocarpo persiste hasta la madurez de cosecha y con elongación celular hasta que llega al 50% de su desarrollo.

Este comportamiento es atípico respecto a otros frutos (manzana, melocotón, etc.), los cuales crecen rápidamente por multiplicación celular en las primeras semanas y posteriormente por crecimiento celular (CALABRESE, 1992).

De esta forma una palta no cosechada por falta de calibre, temprano en la temporada, seguirá creciendo y podrá ser cosechada mas tarde con mejor calibre

(GARDIAZABAL, 2002)*. Por lo tanto, la cosecha puede durar de tres a seis meses (WHYLEY *et al.*, 1996).

Según VALMAYOR (1967), citado por MARTÍNEZ (1984), la curva varía de acuerdo al cultivar. En aquellos de maduración más temprana, la curva es más pronunciada y la fruta aumenta su tamaño a medida que madura, mientras que en los más tardíos, los incrementos de tamaño son menores y decrecen notoriamente antes del período de cosecha.

El desarrollo del fruto puede durar desde unos seis meses hasta más de 12 meses, dependiendo del cultivar y las condiciones agroclimáticas presentes (WHILEY, SCHAFFER y WOLSTENHOLME, 2002).

El palto Hass produce dos tipos de fruta, la normal y la pequeña (ZILKAH y KLEIN, 1987).

2.4. Control metabólico del desarrollo del fruto:

WHILEY y SCHAFFER (1994), citados por COWAN *et al.* (2001) señalan que nada se sabe sobre las señales moleculares que controlan el desarrollo del ovario en el palto. Sin embargo, la cantidad y calidad de la luz, la temperatura y el estado hídrico y nutricional de la planta parecen ser factores abióticos importantes en el desarrollo reproductivo del palto.

* GARDIAZABAL, F. Ing. Agr. 2002. Universidad Católica de Valparaíso. Comunicación personal.

2.4.1. División celular:

El tamaño final de la fruta es la consecuencia de acontecimientos metabólicos complejos que ocurren entre la cuaja y la madurez. La interrupción de estos procesos bioquímicos y moleculares en cualquier etapa durante el crecimiento de la fruta afectará el tamaño final de esta. El tamaño de la fruta es en función del número de células más que el tamaño de las células, por lo que los factores que afectan el ciclo de la división celular asumen importancia (COWAN *et al.*, 2001).

SCHROEDER (1953), citado por COWAN *et al.* (2001), señala que a diferencia de muchas otras frutas, donde la división celular se confina a la primera etapa de crecimiento, en el palto la proliferación de células continúa a lo largo del desarrollo de la fruta, particularmente en el mesocarpo, no obstante a una tasa más lenta al acercarse a la madurez .

JACOBS (1995) indica que el número de células es en función del número de divisiones mitóticas, y se piensa que está regulado, al menos en parte, por las citoquininas. El mecanismo por medio del cual las citoquininas promueven la división de la célula no está aclarado completamente, aunque regularían el proceso en la etapa G2, o en la transición de G2 a la mitosis en el ciclo de la célula.

2.4.2. Metabolismo de carbohidratos:

LIU *et al.* (1999b) establecen que durante el periodo de rápida expansión del tamaño de la fruta, los azúcares solubles fueron responsables en mayor parte del aumento de la biomasa del fruto. Más de la mitad de estos azúcares correspondieron a manohexulosa y perseitol. Además, señalan que estos azúcares disminuyen a medida que comienza la síntesis de aceite y durante la maduración de la fruta, esto sugiere que estos carbohidratos juegan un rol importante, no solamente en los procesos

metabólicos asociados al desarrollo de la fruta, sino que también en los procesos respiratorios asociados a la maduración y a la fisiología del fruto durante la postcosecha.

Uno de los periodos críticos durante el desarrollo del fruto es la competencia que se establece entre éste y el desarrollo vegetativo por los fotosintatos en las primeras etapas de crecimiento. Durante la primavera es cuando se registran las mayores demandas de estos productos por parte del fruto y los brotes, ya que se encuentran en un periodo de óptimas condiciones de temperatura para su desarrollo (GARDIAZABAL y ROSENBERG, 1991). Al respecto, WHILEY (1990) señala que la producción exitosa de frutos, durante los 60 días posteriores a la floración, depende de la adecuada disponibilidad de carbohidratos.

Según BEAN (1958), citado por URBINA (1994), el crecimiento de los frutos está sustentado principalmente por el aporte de fotosintatos provenientes de las hojas, ya que la capacidad fotosintética propia del fruto es muy baja, consistiendo básicamente en azúcares y derivados.

WOLSTENHOLME (1986) señala además que el alto contenido de aceite y el gran tamaño de la semilla requieren la entrada de alta energía durante el crecimiento y desarrollo del fruto, que deben ser proporcionados por los carbohidratos derivados de la fotosíntesis.

Se cree que la cubierta de la semilla es el principal conducto de fotoasimilados hacia el fruto (LIU *et al.* 1999b).

La semilla del palto juega un rol importante en el desarrollo del fruto, es así que los frutos con semillas son más grandes que los frutos sin semillas ("paltines" o "cukes"), estos últimos se encuentran con mas frecuencia en los cultivares Fuerte y Ettinger, los

cuales parecen resultar de una degeneración temprana de la semilla. La cubierta de la semilla en finta normal es interpretada como pachychalaza, y su no desarrollo en frutos sin semillas inhibiría la actividad meristemática en la región chalazal, disminuyendo la capacidad de "sink" del fruto (COWAN *et al.*, 2001).

Según SCHOLEFIELD, SEDGLEY y ALEXANDER (1985) los niveles de carbohidratos aumentan al mismo tiempo que los azúcares. Asimismo, durante el año, los azúcares varían en menor proporción que los carbohidratos, deduciéndose de este modo que los azúcares no son la principal fuente de reservas de carbohidratos, pero sí constituyen la fuente energética inmediata para el árbol.

2.4.3. Reguladores del crecimiento;

Según CUTTING *et al.* (1985) y GAZIT y BLUMENFELD (1972), citados por GIL (2000), la auxina llega a su máximo nivel en semillas de frutos que no caen de la variedad Fuerte poco después de la fructificación y desaparece cinco semanas después, mientras que en el mesocarpo los niveles son más bajos.

El primer crecimiento del fruto se caracteriza por una activa división celular, en consecuencia las citoquininas deberían ser de primera importancia en ese periodo y la semilla parece ser la fuente principal (GIL, 2000).

Para alcanzar un tamaño medio a grande, la fruta necesita una maximización en su división celular, por esta razón una reducción en alguno de los recursos que necesitan para la división celular reducirá el tamaño promedio de la fruta. Los recursos más importantes son los reguladores de crecimiento (especialmente las citoquininas), fotoasimilados que proporcionan esqueletos carbonados, nutrientes minerales del suelo y agua (WOLSTENHOLME y WHILEY, 1995). COWAN *et al.*, (2001) agrega que el tamaño de la fruta es en función del número de células, más que el

tamaño de éstas, y que el mantenimiento de la división celular ayudaría al aumento del "sink" para el crecimiento continuado del fruto, y este mecanismo sería regulado principalmente por las citoquininas.

En general los niveles de citoquininas son máximos en órganos jóvenes y en las puntas de las raíces. Parece lógico que se sinteticen en esos órganos, pero en la mayoría de los casos no podemos desechar la posibilidad de su transporte desde otro lugar. Casi con seguridad las puntas de las raíces intervienen en la síntesis, porque si las raíces se cortan en forma horizontal, exudan citoquininas (SALISBURY y ROSS, 1994).

SILVA (1997) y CUTTING (1993) observaron que aplicaciones exógenas de citoquininas aumentaron hasta en un 28 % el tamaño de los frutos, pero este efecto fue más marcado en frutos pequeños, ya que en frutos más desarrollados no aumentaron significativamente su desarrollo.

ZHANG, LETHAM y JOHN (1996) señalan que el ABA retarda la actividad del ciclo de la división celular, mientras que las CK promueven el proceso. COWAN *et al.* (2001) agregan que los fitorreguladores pueden actuar en conjunto.

Una baja relación CK/ABA, producida por una reducción en la síntesis de citoquininas o por un incremento de ABA, puede afectar negativamente la división celular y la fuerza "sink" del fruto en desarrollo (COWAN *et al.* 2001), BERTLING, COWAN y MOORE-GORDON (1998) realizaron estudios en el transporte de solutos en la variedad Hass, indicando que el transporte de azúcares puede ser alterado negativamente por una baja en la relación CK/ABA.

BLUMENFELD y GAZIT (1972), citados por GIL (2000), indican que las giberelinas han sido encontradas en la semilla, particularmente en la testa, pero no en el mesocarpo.

2.5. Factores que afectan el crecimiento del fruto:

2.5.1. Factores genéticos:

WOLSTENHOLME y WHILEY (1995) señalan que los frutos de Hass son, en general, más pequeños que los de Fuerte, Ryan y otras variedades comerciales. En general el tamaño del fruto se ve influenciado por los manejos y por el ambiente, pero finalmente se determina por el genotipo. Aunque existe un amplio rango de tamaños dentro de un árbol.

2.5.2. Condiciones ambientales:

Las condiciones ambientales adecuadas para la buena productividad del palto incluyen temperaturas inferiores a 31° C en verano, superiores a 4° C en invierno y una humedad relativa superior a 32 % (GIL, 2000).

Si se mide constantemente el diámetro transversal y longitudinal del fruto se observa que hay una fluctuación cotidiana, de forma que existe una expansión durante la noche y una contracción de día, que alcanza su máximo en el momento de máxima temperatura. La temperatura y la humedad juegan un papel fundamental en la determinación de la amplitud de las contracciones, que son menos acentuadas en condiciones de climas frescos y húmedos (CALABRESE, 1992). SCHROEDER y WIELAND (1956), citado por GIL (2000), agrega que este efecto es más marcado al comienzo del desarrollo, y está asociado con la transpiración y con reposición de agua.

Según WOLSTENHOLME y WHILEY (1995) existe evidencia sustancial de que el problema de fruta pequeña en Hass es mayor en climas calurosos que en climas frescos.

BLANKE y WHILEY (1995) señalan que parte de lo anterior se puede deber a que las temperaturas altas aumentarían la respiración del fruto, y esto combinado al largo periodo de desarrollo, puede conducir a una disminución de asimilados para el crecimiento de la fruta.

Por otra parte, CUTTING (1993) determinó que existían diferencias cuantitativas y cualitativas en el complejo de citoquininas entre un área de producción calurosa y una fresca, siendo menor en la zona calurosa. Aparentemente las altas temperaturas interferiría en el transporte y síntesis de citoquininas.

La alta temperatura suele reducir la fructificación, la cual demanda gran cantidad de hidratos de carbono, por favorecer el crecimiento de brotes en desmedro de la raíz, promoviendo competencia al desarrollo del fruto, a la vez que la fotosíntesis se reduce sobre 25° C. También el crecimiento del fruto se ve negativamente afectado por altas temperaturas, por ej., día/noche, 28,6719° C vs 21,4713,6° C (GIL, 2000).

CAL ÁBRESE (1992) agrega que una elevación de la temperatura determina el incremento de la transpiración de las hojas cercanas al fruto y del fruto mismo, y la consiguiente pérdida hídrica de los tejidos. La elevación de la temperatura por encima de los 30° C acompañada de una caída de la humedad relativa por debajo del 50% resulta bastante nociva para el desarrollo del fruto.

En relación a los cloruros, el palto es una de las especies mas sensibles, en especial a la toxicidad por cloruros y esta se manifiesta con una quemadura marginal en las hojas y detención del crecimiento (BAR *et al.*, 1997).

Según GARDIAZABAL (2002)* la toxicidad por cloruros se manifiesta en la producción de los árboles. Al observar que una parte importante de la hoja se encuentra dañada, la cantidad de fotoasimilados que produce el árbol es tan baja que cuando llega el momento de la competencia entre frutos, o en el crecimiento del fruto el aborto de fruta es bastante. En algunos huertos de la zona de Mollarauco regados con agua de pozo, sacada de grietas, de buena calidad han tenido producciones muy buenas, cercanas a 15 tonha¹, en cambio en huertos regados con agua salina las producciones no superan las 7 ton-ha¹.

2.5.3. Anatomía y morfología:

Existe una fuerte relación entre el tamaño de la semilla y el tamaño del fruto en palto, aunque el tamaño de la semilla varía con la variedad y el ambiente. La función de la semilla en el crecimiento de la palta es proporcionar reguladores de crecimiento, lo que crea un fuerte "sink" de fotoasimilados en frutos en desarrollo (WOLSTENHOLME y WHILEY, 1995).

MOORE-GORDON, WOLSTENHOLME y LEVIN (1995) señalan que la diferencia de tamaño de la fruta en variedades y entre variedades aparentemente se debe al número de células más que al tamaño de las células.

Las frutas desarrollan estomas temprano, llegando a un número aproximado de 22.000 a 30.000 estomas por fruto. Los frutos desarrollan fotosíntesis y por consiguiente contribuyen a sus propias necesidades de carbono, y esta contribución de fotoasimilados es crítica en las fases tempranas de desarrollo, ya que contribuye a la división celular y, por lo tanto, al crecimiento (WOLSTENHOLME y WHILEY, 1995).

*GARDIAZABAL, F. Ing. Agr. 2002. Universidad Católica de Valparaíso. Comunicación personal.

2.5.4. Competencia vegetativa:

La fructificación ocurre desde poco antes que la brotación, a fines de invierno, hasta cuando la tasa de crecimiento de los brotes se hace máxima (GIL, 2000). El crecimiento inicial del fruto coincide con el mayor crecimiento del brote y con el crecimiento de la raíz. En esas condiciones ocurre una caída primaveral de frutitos, mientras que una segunda caída ocurre al iniciarse el flujo de crecimiento de brotes en verano (WHILEY, CHAPMAN y SARANAH, 1988).

Los frutos son particularmente sensibles a la competencia ejercida por el crecimiento vigoroso del brote terminal de la inflorescencia, especialmente si la movilización de las reservas y la nueva producción fotosintética son inadecuadas (WHILEY, 1990).

2.5.5. Edad de los árboles:

Según GARDIAZABAL (1999), citado por JAQUE (2001), los huertos jóvenes, en general, se caracterizan por tener gran vigor, alta productividad, muy buenos calibres, pocos problemas de salinidad y cosechas tempranas.

En general, se ha observado que los problemas de fruta pequeña en el cultivar Hass se agrava a medida que el árbol aumenta de tamaño, edad y complejidad. Esto asociado a una reducción de la tasa de crecimiento o vigor de ramillas y ramas secundarias (CUTTING, 1993).

2.6. Antecedentes sobre la fisiología del estrés:

Según LEVITT (1972), citado por SALISBURY y ROSS (1994), el estrés reside en cualquier alteración en las condiciones ambientales que pueda reducir o influir de manera adversa en el crecimiento o desarrollo de una planta. Define deformación

biológica a la función fisiológica afectada; define deformación elástica a aquellas funciones fisiológicas que afectadas por un estrés, una vez eliminado éste, vuelven a la condición normal; y define deformación plástica a aquellas funciones que una vez pasado el estrés no vuelven a su condición normal.

De acuerdo a esto, SALISBURY y ROSS (1994) indican que cualquier cambio ambiental que afecte el óptimo de la tasa de crecimiento de una planta puede ser considerado estrés, Y cada estrés previene a la planta de que alcance su pleno potencial productivo (LOVATT, 1987).

El estrés puede ser causado por factores bióticos, tales como parásitos, animales, insectos o patógenos (bacterianos o fúngicos). También puede ser causado por factores bióticos del ambiente, como salinidad, deficiencias y toxicidad por nutrientes minerales, altas o bajas temperaturas y déficit o excesos hídricos (LOVATT, 1987).

MARSCHNER y CAKMAK (1989) y REICH (1983), citados GOODLE (1999), mencionan que, además de alterar el patrón de crecimiento, uno de los principales síntomas de plantas bajo condiciones de estrés es el desarrollo de clorosis, lo que refleja la degradación del aparato fotosintético.

Este fenómeno demuestra que la fotosíntesis reacciona rápidamente en condiciones desfavorables, limitando el crecimiento de las plantas. Esto no debe sorprender, ya que la fotosíntesis es la principal vía anabólica en las plantas para la producción de energía y compuestos orgánicos (GOODLE, 1999).

Resulta interesante que la presencia del ABA aumente en hojas como respuesta a varios tipos de estrés, como la deficiencia a la toxicidad por nutrientes, la salinidad, el enfriamiento y la saturación de agua. Bien podría ser que el ABA sea algún tipo de hormona universal de estrés, cuya producción es controlada por varios mecanismos.

Todo parece indicar que en todos los casos reduce el crecimiento y el metabolismo (SALISBURY y ROSS, 1994).

OWEN y NAPIER (1988), citados por COWAN *et al.* (1997), señalan que el ABA inhibe la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas. Por lo tanto, un estrés que induzca un aumento en la concentración de ABA puede ejercer un control sobre el crecimiento del fruto y promover la abscisión durante las primeras semanas, cuando la actividad de la división celular esta al máximo.

COWAN *et al.* (1997) demostraron que el crecimiento temprano del fruto y la abscisión están regidos por una relación entre CK/ABA, en donde aplicaciones exógenas de ABA producen detención del crecimiento al promover un bloqueo del transporte de nutrientes hacia el mesocarpo.

2.7. Metabolismo de las plantas: 2.7.1. Fotosíntesis:

La fotosíntesis comprende el proceso de asimilación del carbono, que en su forma más simple final es:



La secuencia de reacciones bioquímicas hasta terminar en compuestos estables ha tomado el nombre de ciclo de la ribulosa de Calvin-Benson, y consiste en la carboxilación del 1,5 difosfato de ribulosa, la formación de fosfato de triosa y la interconversión de azúcares con uso de energía o substancia reductora (GIL, 2000).

2.7.2. Respiración:

BRYCE y THORNTON (1996), KAYS (1991), AMTHOR (1989) y THORNLEY (1970), citados por GIL (2000), indican que la respiración es un proceso necesario para la vida de las células y los órganos, y tiene varios aspectos importantes de analizar para la productividad de las plantas y la conservación de la fruta. SALISBURY y ROSS (1994) agregan que la respiración es importante para las células porque en ella se forman muchos compuestos que pueden ser desviados hacia la producción de otras sustancias necesarias para el crecimiento.

Según PALMER (1984), citado por GIL (2000), la respiración es el reverso de la fotosíntesis, al ocurrir hidrólisis de azúcares para dar, cuando es completa, anhídrido carbónico y agua, con liberación de energía (GIL, 2000).



Las etapas que comprenden el proceso respiratorio son la glucólisis, el ciclo de los ácidos tricarboxílicos (ciclo de Krebs) y la fosforilación oxidativa (sistema de transporte de electrones) (SALISBURY y ROSS, 1994). Las diversas etapas de la respiración sirven para la formación de varios productos orgánicos necesarios para los organismos (GIL, 2000).

GIL (2000) y SALISBURY y ROSS (1994) indican que la respiración depende de la presencia de un substrato disponible. Las plantas privadas de recursos y que tienen reservas bajas de almidón, fructanos o azúcar, respiran a tasas bajas. Las plantas con deficiencia en azúcares muchas veces respiran con mayor rapidez cuando se les proporcionan tales azúcares.

La demanda energética y la disponibilidad de oxígeno están directamente relacionadas con la tasa respiratoria. Por el contrario, la concentración de anhídrido carbónico, hasta cierto punto y la deshidratación severa estarían inversamente relacionadas a la tasa respiratoria (GIL, 2000).

2.7.3. Substratos energéticos:

Almidón, fructanos, sacarosa u otros azúcares, grasas, ácidos orgánicos y, en ciertas condiciones, incluso proteínas, pueden servir como substratos respiratorios (SALISBURY y ROSS, 1994).

La sacarosa ha sido reconocida como el principal hidrato de carbono soluble, normalmente ubicada 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, también llamados alditoles o polioles, son importantes en algunas especies, como el sorbitol en especies pomóideas, en guindo, y, en general, en las rosáceas, el manitol en oleáceas y el manitol y el perseitol en palto (GIL, 2000).

BIELESKI (1982) y LEWIS (1984), citados por GIL (2000), mencionan que el sorbitol ha concitado enorme interés en el último tiempo, pues es considerado hoy el principal azúcar de la fotosíntesis, transporte y reserva de las especies rosáceas. Los tejidos del palto contienen altos niveles de azúcares de siete carbonos, manoheptulosa y su forma reducida de polioliol, perseitol. Estos consisten en productos primarios de la fotosíntesis, que juegan un rol importante en los procesos de asignación de carbono, siendo también el azúcar mayor movilidad en el floema del palto (LIU *et al*, 2002).

La estructura química de estos azúcares se puede observar en el Anexo 1.

LIU *et al.* (1999^a) indican que en el palto la manoheptulosa y el perseitol representan la mayor parte de los carbohidratos no estructurales en el árbol. LIU *et al.* (2002) agregan que en comparación al carbohidrato no estructural más común, basado en un esqueleto de seis carbonos (hexosa), como la glucosa, sucrosa y almidón, que están en mucho menos cantidad.

LIU *et al.* (2002) analizaron la composición de carbohidratos de tejidos (sink) vegetativos y reproductivos del palto, determinando que todos los tejidos analizados, salvo la semilla y distintos tejidos florales (pistilo, estambres y néctar), contenían mayoritariamente azúcares de siete carbonos (manoheptulosa y perseitol), en su mayoría perseitol, y determinaron que estos azúcares actúan como reservas, metabolitos respiratorios y fuentes de carbón.

La formación del elemento principal de siete carbonos ocurre por la condensación un metabolitos de 3 carbonos (dihydroxy cetona P) con uno de cuatro carbonos (ribosa - 5-P y xylulosa-5-P) (LIU *et al.* 2002).

WOLSTENHOLME y WHILEY (1989), PRIESTLEY (1987), CANELL (1985) y DAIE (1985), citados por LIU *et al.* (1999a), señalan que el grado de vigor del crecimiento y la producción dependen de la sincronización de los eventos fenológicos, que están controlados por la disponibilidad y repartición de carbón y energía, en respuesta a las condiciones ambientales.

LIU *et al.* (1999a) mencionan que probablemente los carbohidratos de reserva son utilizados principalmente durante la floración, cuaja y el crecimiento vegetativo post-cuaja. Igualmente, la disminución de los carbohidratos totales a comienzos de verano reflejó el uso del carbono en estos eventos.

Los carbohidratos asimilados durante la fotosíntesis en verano están orientados al segundo "flush" vegetativo y al crecimiento de la fruta, no siendo destinado a reservas (LIU *et al*, 1999b).

La mayor actividad fotosintética permite aumentar la cantidad de carbohidratos, apoyando el crecimiento de la fruta, reduciendo la dependencia de los carbohidratos de reserva (LIU *et al*, 1999a).

LIU *et al*. (1999b) mencionan que la forma en que el carbono es transportado en el palto es desconocida, sin embargo, como contiene cantidades significativas de perseitol, es altamente probable que este poliol sirva de transportador de azúcar. Esto representaría una estrategia fisiológica.

2.8. Ácidos orgánicos en las plantas:

La acidez que presenta el tejido vegetal está asociada con la presencia de ácidos orgánicos, que son productos iniciales de la respiración. La mayoría de los ácidos vegetales son aquellos que participan en el ciclo metabólico del ácido cítrico; se denomina de esta manera, debido a que este ácido es un intermediario importante. Otro nombre para el mismo grupo de reacciones es el ciclo de los ácidos tricarbónicos, término que se utiliza porque los ácidos cítrico e isocítrico tienen tres grupos carboxilo (SALISBURY y ROSS, 1994).

2.8.1. Metabolismo de los ácidos orgánicos:

De los ácidos orgánicos importantes, varios de ellos se forman a partir del ciclo de Krebs durante el proceso de respiración, excepto el glicolítico, tartárico y oxálico (LEHNINGER, 1978).

Según SALISBURY y ROSS (1994) las funciones del ciclo de Krebs son:

1. reducción de NAD^+ y ubiquinona a los donadores de electrones NADH y ubiquinol, los cuales después se oxidan para producir ATP.
2. síntesis directa de una cantidad limitada de ATP.
3. Formación de esqueletos carbonados que se pueden utilizar para la síntesis de ciertos aminoácidos que, a su vez, se transforman en moléculas mayores.

La función mas importante de los ácidos orgánicos es darle continuidad al ciclo de Krebs para que pueda llevarse a cabo la respiración (LEHNINGER, 1978). El ciclo de Krebs extrae algunos electrones de ácidos orgánicos intermediarios y los transfiere al NAD^+ para formar NADH (SALISBURY y ROSS, 1994).

2.9. Ácidos carboxílicos:

Los ácidos principales son el ácido cítrico, oxalacético, alfa-cetoglutárico, málico, fúmárico y succínico (LEHNINGER, 1978).

2.9.1. Obtención de los ácidos carboxílicos:

Distintos subproductos agrícolas voluminosos como paja y capotillo de cereales se someten a procesos de fermentación e hidrólisis. Los distintos ácidos carboxílicos (Ej.: cítrico, málico, succínico, etc.) son separados y formulados de acuerdo al estado fenológico de las plantas a tratar (CONCA, 1995).

Así se obtienen los distintos productos, que Proquisa los agrupa en mejoradores del suelo, bioreguladores y nutrientes (CONCA, 1995).

2.9.2. Antecedentes:

Los productos a base de ácidos carboxílicos participan directamente en diversos procesos fisiológicos de la planta como respiración, fotosíntesis y absorción de nutrientes, por lo que la aplicación de éstos influyen directamente en el rendimiento y calidad de los cultivos y además que aportan nutrientes como el calcio, el cual provoca el desarrollo óptimo del fruto (ROMÁN y GUTIÉRREZ, 1998). Al respecto, CONCA (1995), menciona que los ácidos carboxílicos inciden directamente en la intensidad fotosintética y respiratoria al dinamizar ciclos metabólicos por efectos de activación enzimática en forma secuenciada.

Los productos a base de ácidos carboxílicos promueven la síntesis de polioles en la planta, que son resultado de la unión de cadenas cortas de carbohidratos (PROQUISA, 2002).

STUTTE (1995), citado por ROMÁN y GUTIÉRREZ (1998), señala además que la absorción de nutrientes por la raíz se incrementa fuertemente, al aportar fuentes proveedoras de iones H^+ que exudan y se intercambian con los cationes de la solución del suelo que se enlazan con los radicales carboxílicos, que a su vez alteran la estructura de las membranas, ocasionando una mayor apertura de la misma y así facilitándole su entrada.

La utilización de ácidos carboxílicos al suelo podría proporcionar a la raíz la capacidad necesaria para asimilar nutrientes y agua al ritmo necesario, propiciando el incremento de la presión osmótica y el aumento de concentraciones de nutrientes, que son detonantes de la síntesis de citoquininas radicales (PROQUISA, 2002).

KIRK (1962) y SALISBURY y ROSS (1994) citado por ROMÁN y GUTIÉRREZ (1998), indican que estos ácidos contribuyen en la formación de casi todos los tejidos,

son componentes esenciales en muchas sustancias vegetales de trascendencia; se encuentran en las vitaminas que actúan como grupos funcionales de las enzimas importantes en la respiración , en la molécula de los ácidos nucleicos y en los alcaloides.

Según CONCA (1995), los ácidos carboxílicos inciden directamente en el metabolismo y translocación de fotosintatos al fruto en etapas fenológicas críticas que modifican sensiblemente la calidad de los mismos.

ROMÁN y GUTIÉRREZ (1995) realizaron un ensayo en melón (*Cucumis meló L.*), obteniendo incrementos en el rendimiento, número de frutos y en la vida de anaquel, llegando a la conclusión que la aplicación de ácidos carboxílicos en etapas de amarre y llenado del fruto, aporta gran cantidad de nutrientes, entre los cuales se encuentra el calcio, el cual ayuda a un crecimiento adecuado del fruto, tanto polar como ecuatorialmente.

2.9.3. Ensayos realizados en Chile:

CONCA (1995) señala que en Chile se han realizado alrededor de 15 ensayos en diversas instituciones y también con agricultores, obteniéndose resultados bastante promisorios.

En Codegua, sexta región, se realizó un ensayo en tres variedades de uva, obteniendo mayor porcentaje de cajas embaladas, mejor rendimiento, peso promedio de racimo, mayor diámetro de bayas y mayor contenido de sólidos solubles (CONCA, 1995).

Ensayos realizados en damasco (*Prunus armeniaca*) arrojaron diferencias significativas en cuanto al diámetro de fruta; en el caso de los tratados el calibre es mayor y mas uniforme (CONCA, 1995).

En nogal (*Juglans regia*) los árboles tratados con ácidos carboxílicos mostraron mayor producción, mayor porcentaje de rendimiento de semilla versus cascara y mejores calibres (CONCA, 1995).

Según CONCA (1995), en los últimos trabajos realizados se ha observado una mejor defensa sanitaria, tanto en plantas como en frutos tratados.

2.9.4. Productos a base de ácidos carboxílicos:

2.9.4.1. Promesol 5x:

Es una formulación orgánica líquida concentrada de ácidos carboxílicos y polisacáridos de origen natural que forman compuestos solubles con el calcio del suelo. Protege a las plantas contra los daños por problemas de suelo. Es un restaurador de suelos sódicos y acondicionador de suelos con problemas de estructura mejorando la aireación y penetración de agua. Además, suministra ácidos orgánicos que penetran fácilmente en la raíz y provocan absorción de cationes básicos, estimulando la producción y actividad de las citoquininas en la raíz, provocando una rápida multiplicación de las mismas y un incremento de la masa radical (PROQUISA, 2002).

Es un producto compatible con cualquier tipo de fertilizante y es incorporado al riego (PROQUISA, 2002).

2.9.4.2. Packhard:

Es una molécula constituida por calcio y boro premetabolizados con una mezcla de ácidos carboxílicos para ser trasladados rápidamente a los centros de consumo de las

plantas. Diseñado para prevenir y corregir problemas de firmeza en los frutos y desórdenes fisiológicos por deficiencias nutricionales, prolongando además, la vida de postcosecha (PROQUISA, 2002).

El producto debe ser aplicado mediante aspersión foliar antes y después de cuaja. No debe ser mezclado con productos que contengan fosfatos o sulfatos (PROQUISA, 2002).

3. MATERIALES Y MÉTODO

3.1. Ubicación del ensayo:

El ensayo se llevó a cabo en los sectores 6 y 7 de la hijuela quinta del Fundo Santa Rita de Lo Prado, propiedad del Sr. Francisco Salhi, ubicado en la localidad de Santa Inés, Provincia de Melipilla, Región Metropolitana, Chile. La localización geográfica corresponde a 33° 30' latitud sur y 71° longitud oeste.

3.2. Recursos del predio:

Según la clasificación de ecorregiones, descrita por GASTÓ, COSÍO y PANARIO (1993), la zona corresponde al Reino Templado, Dominio Seco Estival Prolongado o Mediterráneo.

3.2.1. Clima:

El clima es templado de verano seco y larga estación de sequía, con un período de 6-8 meses (GASTÓ, COSÍO y PANARIO, 1993).

SANTIBAÑEZ y URIBE (1990) señalan que el régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían en promedio, entre una máxima de enero de 27,7° C y una mínima de julio de 4,7° C. Registra anualmente 1650 días-grado. Según GASTÓ, COSÍO y PANARIO (1993) uno de los rasgos más considerables del clima es el refrescamiento de las temperaturas máximas absolutas que raramente sobrepasan los 35°C y las mínimas usualmente no bajan de 0°C, salvo en algunos días de invierno.

SANTIBAÑEZ y URIBE (1990) indican que el régimen hídrico observa una precipitación media anual de 454 mm, un déficit hídrico de 952 mm.

3.2.2. Agua:

El agua utilizada para el riego proviene del río Mapocho, la que es conducida al predio a través del canal Las Mercedes, siendo clasificada como altamente salina, con altos contenidos de cloruros.

3.2.3. Suelo:

El suelo del Fundo Santa Rita de Lo Prado pertenece a la serie Mallarauco, que lo describe como un suelo de posición intermedia, plano depositacional, de pendiente uniforme. De textura franco arcillo arenosa. De drenaje medio. Clasificado como no salino y no sódico (CORFO, 1996).

3.3 Materiales:

3.3.1. Material vegetal:

El ensayo se realizó en una plantación comercial de paltos (*Persea americana* Mill.) cv. Hass sobre patrón Mexícola, plantados el año 1997 a un marco de 5,5 x 5,5 m, con una densidad de 330 plantas/ha, regadas por un sistema de goteo con seis goteros por planta de 4 l-h⁻¹. La producción promedio del huerto es de 6 ton-ha⁻¹.

Para seleccionar los árboles, se procedió a marcarlos en forma homogénea en cuanto a tamaño, vigor, sanidad y diámetro del tronco a 10 cm sobre la zona de injerto, descartando los árboles cercanos a los bordes.

3.3.2. Productos aplicados:

3.3.2.1. Promesol 5x:

Por su formulación líquida, es aplicado al suelo por el riego. La composición del producto se muestra en el Cuadro 1.

CUADRO 1. Composición química y características físico-químicas de Promesol 5x.

COMPOSICIÓN	% P/P
Ácidos poli-hidroxicarboxílicos (PHCA)	12.5
Carbohidratos	4
Nitrógeno	4
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS	
Densidad del concentrado líquido	1,06 g/cc
pH	7

Fuente: PROQUISA, 2002.

3.3.2.2. Packhard:

Es un producto diseñado para aplicación foliar, formulado con Ca y B para ser aplicado antes y después de cuaja. La composición del producto se muestra en el Cuadro 2.

3.3.3. Materiales de medición;

- Pie de metro.
- Estufa Heraeus D63450.
- Balanza digital Precisa 3100c.
- Huincha de medir metálica REDLINE.
- Balanza digital Moretti ESP-5.

Pala jardinera.

Marco de 1 m².

CUADRO 2. Composición química de Packhard.

COMPOSICIÓN	% P/P
Ácidos poli-hidroxicarboxílicos (PHCA)	6
Carbohidratos	5
Calcio	8
Boro	0.25
Aditivos penetrantes del fruto	0.5
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS	
Densidad del concentrado líquido	1.25g/cc
pH	2.5

Fuente: Proquisa CHILE, 2002.

3.4. Descripción del ensayo:

El ensayo consistió en aplicar un programa de nutrición diferente a dos sectores de riego. El sector siete (4.41 ha) fue tratado con el programa convencional llevado en el huerto y el sector seis (3.6 ha) fue tratado con un programa de nutrición a base de ácidos carboxílicos. Para ello se aplicó Promesol 5x junto al riego en cinco fechas distintas y Packhard en cuatro, desde cuaja hasta después de la caída de frutos, que es el periodo de mayor tasa de crecimiento de los frutos.

3.4.1. Tratamientos realizados:

To: Programa de fertilización normal realizado en el huerto (Anexo 2).

Ti: Programa de fertilización a base de ácidos carboxílicos (Anexo 3).

3.4.2. Variables evaluadas:

3.4.2.1. Diámetro polar y ecuatorial del fruto:

Fueron seleccionados 20 árboles a los cuales se les midió el diámetro polar y ecuatorial del fruto, para lo que fueron marcados cuatro frutos por cada árbol en distinta orientación.

Las mediciones fueron realizadas entre el 28 de febrero del 2002 y el 21 de diciembre del 2002, con un pie de metro tradicional.

3.4.2.2. Porcentaje de aceite del fruto:

De ocho árboles por tratamiento, distintos a la medición anterior, se recolectaron cuatro frutos por cada uno. Esto se realizó a partir del mes de julio, fecha a partir de la cual la tasa de acumulación de aceite es mayor. Las mediciones fueron realizadas en tres fechas, 9 de julio, 23 de julio y 13 de agosto del 2002.

Para estimar el porcentaje de aceite de los frutos se realizó el procedimiento basado en la correlación existente con el contenido de humedad de los frutos, según el método de MARTÍNEZ (1984). El proceso es realizado en forma rutinaria para determinar este parámetro. Los frutos fueron pelados y cortados por la mitad, a continuación fueron picados en cubos para ser luego depositados en dos recipientes metálicos (1/4 por recipiente), para luego ser pesados. Luego fueron puestos en una estufa a 90°C por 24 horas. Una vez cumplido el tiempo los recipientes son nuevamente pesados, para luego incorporar los datos a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ materia seca} = \frac{(\text{peso recipiente seco} - \text{peso recipiente}) \times 100}{(\text{peso recipiente húmedo} - \text{peso recipiente})}$$

$$\% \text{ humedad} = (100 - \% \text{ materia seca})$$

$$\% \text{ aceite} = (53.4838 - 0.5767 * \% \text{ humedad})$$

3.4.2.3. Rendimiento por árbol:

Esta variable se midió de acuerdo al sistema de cosecha realizado en el huerto. Las fechas en las cuales se cosecho fueron el 3 de octubre, 28 de noviembre y 20 de diciembre del 2002, para lo que fueron marcados 10 árboles por tratamiento (mismos ejemplares marcados para crecimiento del fruto). La fruta fue cosechada y puesta en cajas de madera para luego ser pesada en una balanza digital.

3.4.2.4. Distribución de calibres:

Se tomó una muestra al azar de 20 frutos por árbol en cada una de las dos primeras fechas de cosecha, los cuales fueron calibrados de acuerdo al peso individual de cada uno de los frutos, según la siguiente tabla:

Categoría	Gramos
32	350 – 324
36	324 – 297
40	296 – 253
50	252 – 206
60	205 – 171
70	170 – 150
84	Descarte

Fuente: Exportadora Santa Cruz.

3.4.2.5. Largo final del brote de la temporada:

Esta medición se realizó cuando cesó el crecimiento vegetativo acumulado del flush de primavera y otoño en los árboles. Esto se determinó visualmente cuando los brotes apicales presentaron una tonalidad verdosa, que se observó a mediados de junio. Se seleccionaron cuatro ramillas de similar vigor para cada árbol (mismos ejemplares marcados para crecimiento del fruto) y de distinta orientación, y la medición se realizó con una huincha de medir metálica, el 28 de junio del 2002.

3.4.2.6. Floración y cuaja:

Número de panículas:

Se determinó mediante el conteo de panículas existentes en un cuadrante de 1m^2 dispuesto al azar en la canopia de cada árbol. Esta medición se realizó en el mes de octubre.

- Número de flores por panícula:

Debido al bajo nivel de floración se seleccionaron dos panículas por árbol, en las orientaciones este y oeste, a las cuales se les contó el número total de flores existentes.

- Porcentaje de cuaja y caída de frutitos;

A las mismas panículas marcadas y previamente determinada la cantidad de flores presentes, se les contó los números de frutos cuajados una vez por semana, desde que comenzaron a cuajar frutitos (primera semana de noviembre), hasta la última semana de diciembre, para observar la retención final de fruta por parte del árbol.

Para efectos de medición se consideró fruto recién cuajado aquel que presentaba la pérdida de la corola, o el estilo se había tornado café oscuro y el ovario presentaba un ensanchamiento.

3.4.2.7. Análisis de suelo y foliar;

En el mes de noviembre se recolectaron, de la zona de mojamiento de los emisores, muestras de suelo. Estas fueron enviadas al Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso para ser analizadas.

El Anexo 7 muestra los contenidos foliares de macro y micronutrientes, y las fechas de muestreo.

3.5. Análisis estadístico:

Debido a que la aplicación de los tratamientos no fue manejada, estos no están controlados según la asignación de unidades experimentales. Por lo tanto, no existe un diseño experimental. Según LITTLE y HILLS (1976) en un diseño experimental todas las unidades deben tener la misma probabilidad de recibir un tratamiento.

Aún así, la selección de los árboles fue hecha al azar, aplicando criterios de selección para que éstos sean homogéneas entre sí.

Para analizar las variables porcentaje de aceite y diámetro polar y ecuatorial de frutos, se elaboraron gráficos para ver la evolución en el tiempo. Además, en las fechas de medición en que se observó alguna diferencia visual se realizó una comparación de medias con el estadístico t de Student para corroborar las observaciones.

Para las variables número de panículas, flores por panícula, porcentaje de cuaja final y porcentaje de caída, producción por árbol y largo final de brote, se realizó una comparación de medias muestrales mediante un test de t de Student.

Para el análisis de los calibres se realizó un test χ^2 , construyendo una tabla de contingencia de 6 x 2, para observar la distribución de los datos. Se trabajó con un 95% de confianza.

4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Efecto sobre el desarrollo de los frutos:

Las curvas de crecimiento del fruto pueden ser observadas en la Figura 1 para el diámetro polar y en la Figura 2 para el diámetro ecuatorial. Es posible observar que ambas curvas son similares entre los tratamientos, no existiendo una marcada diferencia a lo largo del desarrollo de los frutos.

Al comienzo de la evaluación se observa que los frutos presentaban tanto sus diámetros polares y ecuatoriales similares, hacia fines del periodo las diferencias fueron mínimas, favoreciendo levemente a los árboles tratados con el programa de nutrición del huerto.

En los Cuadros 3 y 4 se observa el análisis de comparación de medias realizado para tres fechas de medición. Este comprobó que no existe diferencia entre los tratamientos para estas fechas, tanto en el diámetro polar como ecuatorial, por lo tanto se confirma la igualdad entre los tratamientos para el crecimiento del fruto.

CUADRO 3. Efecto de los tratamientos sobre el crecimiento medio del fruto en su diámetro polar, expresado en milímetros en palto (*Persea americana* Mill.) cv. Hass. Santa Inés, Región Metropolitana, Chile. 2002.

Fertilización	19 de abril	22 de junio	21 de diciembre
Convencional	96.1 ^{NS}	101.5 ^{NS}	112.25 ^{NS}
Ácidos carboxílicos	93.08	97.83	107.2

NS: No significativo.
(P > 0.05)

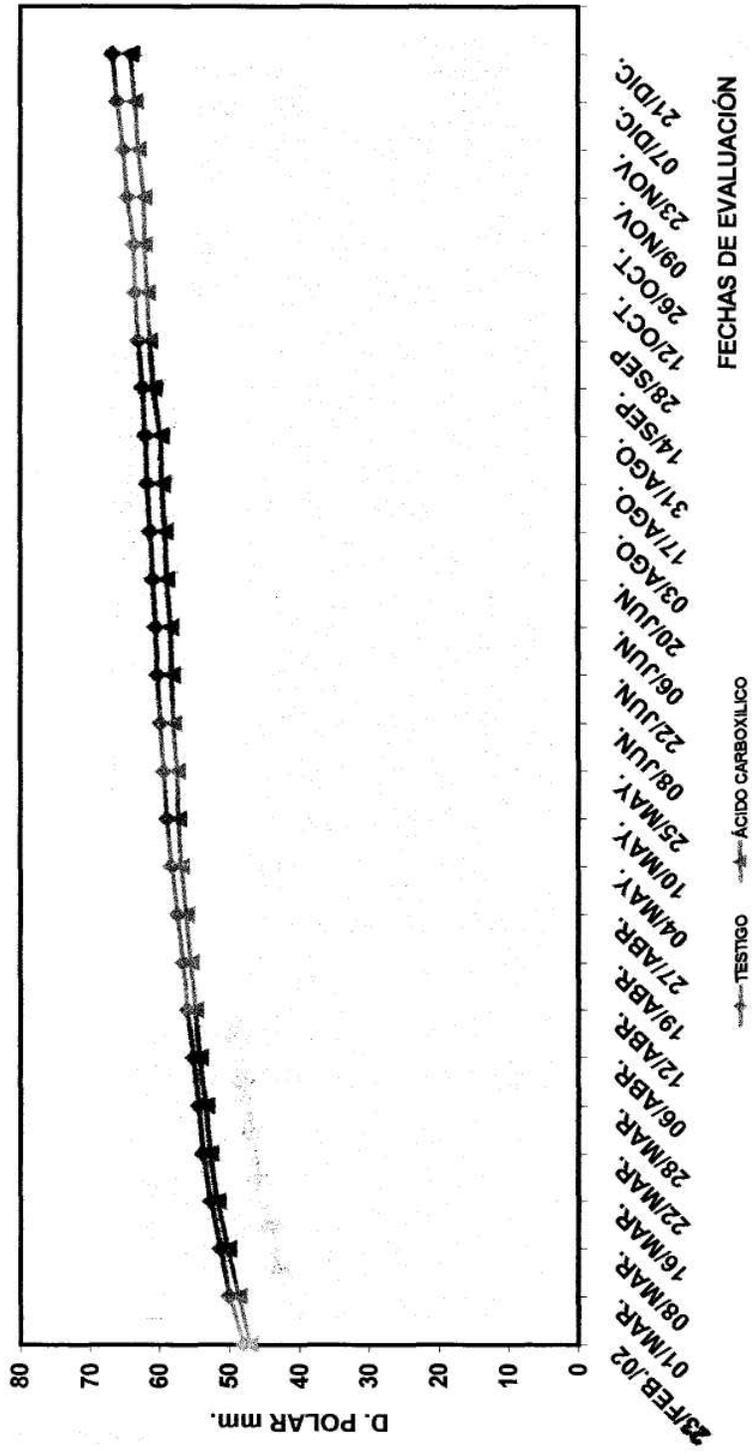


FIGURA 1. Curva de crecimiento del fruto del palto (*Persea americana* Mill.) cv. Hass, medido en su diámetro polar. Santa Inés, Región Metropolitana, Chile. 2002.

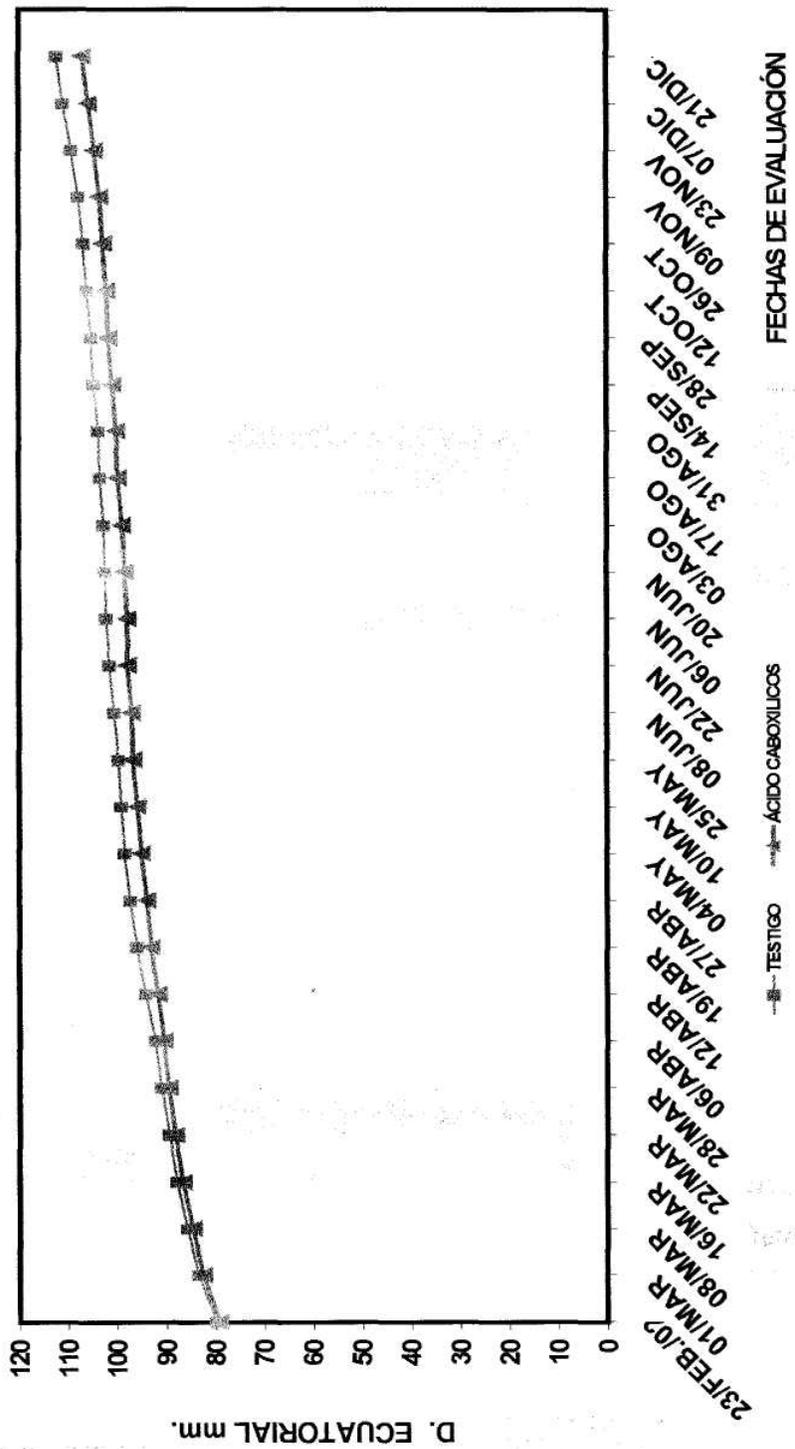


FIGURA 2. Curva de crecimiento del fruto del palto (*Persea americana* Mill.) cv. Hass, medido en su diámetro ecuatorial. Santa Inés, Región Metropolitana, Chile. 2002.

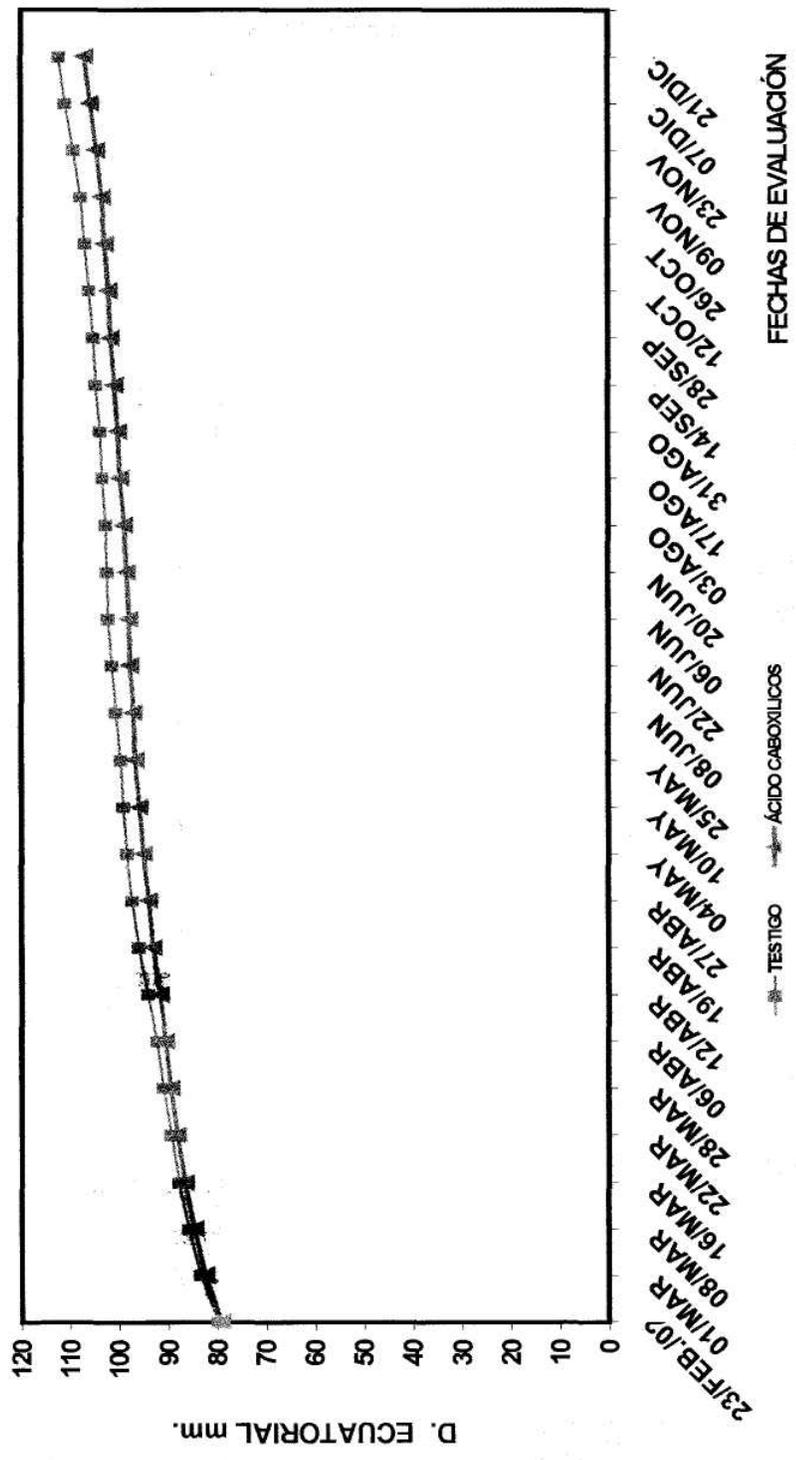


FIGURA 2. Curva de crecimiento del fruto del palto (*Persea americana Mill.*) cv. Hass, medido en su diámetro ecuatorial. Santa Inés, Región Metropolitana, Chile. 2002.

CUADRO 4. Efecto de los tratamientos sobre el crecimiento medio del fruto en su diámetro ecuatorial, expresado en milímetros en palto (*Persea americana* Mill.) cv. Hass. Santa Inés, Región Metropolitana, Chile. 2002.

Fertilización	19 de abril	22 de junio	21 de diciembre
Convencional	56.58 ^{NS}	60.33 ^{NS}	66.75 ^{NS}
Ácidos carboxílicos	61.08	64.17	70.58

NS: No significativo.
($P > 0.05$)

Los resultados coinciden con los obtenidos por ROMÁN y GUTIÉRREZ (1998) al evaluar el crecimiento del fruto en melón (*Cucumis meló* L.).

La evaluación comenzó aproximadamente 120 días después de cuaja. Se esperaba que los frutos tratados con ácidos carboxílicos tendrían una mayor tasa de crecimiento en los primeros días después de cuajado, que los frutos del tratamiento testigo. Esto porque se esperaba que los árboles tratados con ácidos carboxílicos presentaran una mayor actividad fotosintética y mayor cantidad de substratos energéticos, que permitieran disponer de una mayor cantidad de fotosintatos y energía, y de esta forma acentuar el crecimiento en las primeras etapas, en los meses más cálidos, llegando con mayor tamaño al invierno, donde la tasa de crecimiento disminuye por el descenso de las temperaturas e inicio de la síntesis de aceite.

Según ROMÁN y GUTIÉRREZ (1998), en varias especies de importancia hortícola la aplicación de ácidos carboxílicos en etapas de cuaja y llenado del fruto, aporta gran cantidad de nutrientes. Pareciera ser que aplicaciones al follaje de productos a base de ácidos carboxílicos mejorarían las características del fruto por esta vía, ya que experiencias realizadas por ROMÁN y GUTIÉRREZ (1998) no incluyen aplicaciones de productos al suelo.

En los ensayos realizados en Chile destacan principalmente las aplicaciones foliares. En damasco (*Prunus armeniaca*) y nogal (*Juglans regia*) se aplicaron 8 Lha⁻¹ de Packhard en dos y tres aplicaciones, respectivamente, obteniendo resultados satisfactorios en la cantidad de fruta y la calidad de ésta (CONCA, 1995). La dosis empleada de Packhard en este ensayo fue aproximadamente de 6 Lha⁻¹, y si consideramos que el costo energético del palto para producir fruta es bastante mayor al de las especies citadas, se podría considerar que la dosis empleada fue sub-óptima.

4.2. Evolución del porcentaje de aceite:

El alto contenido de aceite y la gran semilla del fruto requieren una alta entrada de energía durante el crecimiento y desarrollo de la fruta, que son proporcionados por los carbohidratos de la fotosíntesis (WOLSTENHOLME, 1986).

En la primera etapa de crecimiento los frutos sólo se podrían haber diferenciado en tamaño, ya que en esta, la principal actividad es la división celular y aún no comienza la síntesis de aceite.

Según LIU *et al.* (1999) durante las fases tempranas de desarrollo del fruto el contenido de agua se mantiene constante en alrededor de un 85 % y el aumento en biomasa del fruto a lo largo de la fase exponencial se debe a la acumulación de azúcares. Los azúcares importados al fruto se utilizan para la síntesis de aceite en la pulpa y la acumulación de almidón en la semilla. Este fenómeno ocurre al disminuir la tasa crecimiento del fruto, que coincide con la disminución de los azúcares totales del fruto.

Al analizar la evolución de contenido de aceite por medio de la correlación existente con el contenido de humedad de los frutos, según el método de MARTÍNEZ (1984),

se pudo apreciar que no hubo diferencias entre las curvas de evolución del porcentaje de aceite de los frutos (Figura 3).

El análisis de comparación de medias para las distintas fechas de medición comprobó que no existe diferencia entre los tratamientos para ninguna de las fechas, por lo tanto la evolución del porcentaje de aceite es similar para los tratamientos, como se observa en el Cuadro 5. Esto se podría explicar por el hecho que no hubo diferencias entre los tratamientos en el crecimiento de los frutos, que finalmente se traduce en un mayor contenido de azúcares, que posteriormente son transformados en aceite en los meses invernales, lo que podría haber anticipado la cosecha de los frutos, descargando anticipadamente los árboles.

CUADRO 5. Efecto de los tratamientos sobre la acumulación media del porcentaje de aceite en frutos de palto (*Persea americana* Mill.) cv, Hass, para tres fechas de medición. Santa Inés, Región Metropolitana, Chile. 2002.

Fertilización	9 de julio	30 de julio	13 de agosto
Convencional	6.73 ^{NS}	6.92 ^{NS}	7.61 ^{NS}
Ácidos carboxílicos	6.50	6.83	7.39

NS: No significativo.
($P > 0.05$)

4.3. Rendimiento:

Con los resultados obtenidos de los kilogramos promedio cosechados por árbol, no fue posible determinar diferencias entre los tratamientos, por lo tanto no fue rechazada la hipótesis nula, que indica igualdad entre las medias. Esto se puede apreciar en el Cuadro 6.

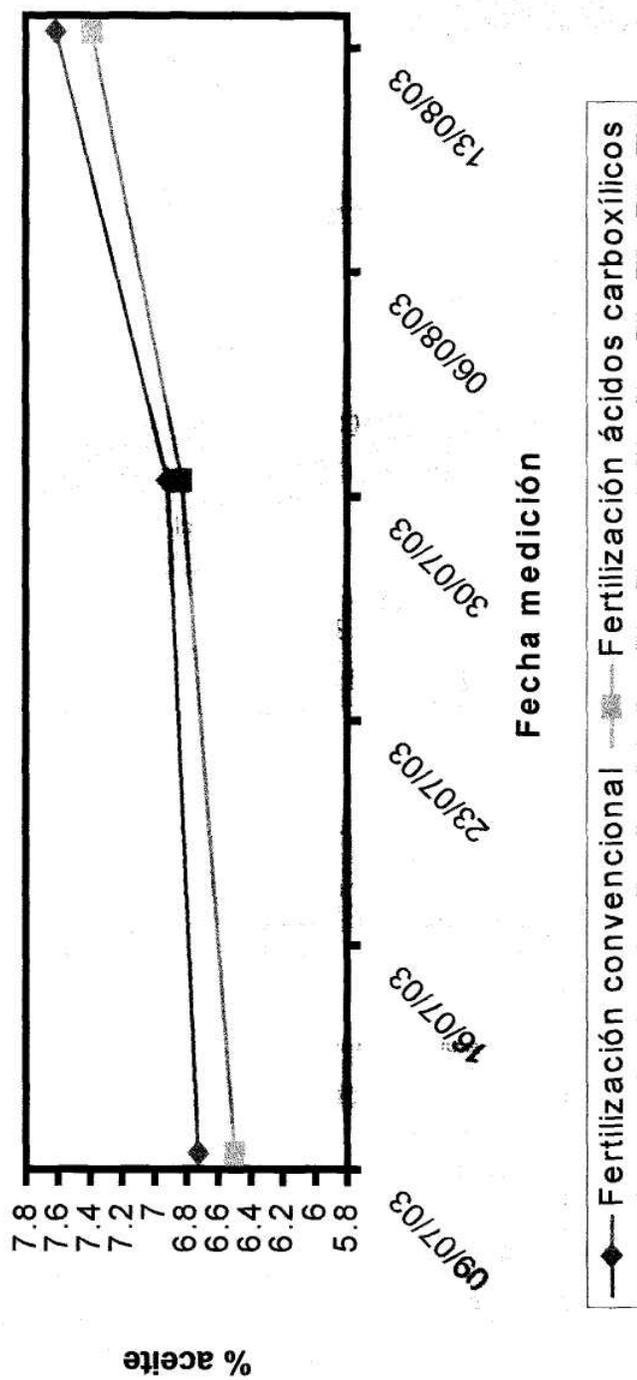


FIGURA 3. Evolución del porcentaje de aceite en frutos de palto (*Persea americana* Mill.) cv. Hass. Santa Inés, Región Metropolitana, Chile. 2002.

CUADRO 6, Efecto de los tratamientos en la producción, expresado como kilos promedio por árbol de palto (*Persea americana* Mill.) cv. Hass, cosechados entre el 3 de octubre y 20 de diciembre. Santa Inés, Región Metropolitana, Chile. 2002.

Fertilización	Kilos promedio por árbol
Convencional	54.983 ^{NS}
Ácidos carboxílicos	56.301

NS: No significativo,
($P > 0.05$)

En el palto la gran caída de frutitos lleva a bajas producciones. La mayoría de los abortos durante las primeras semanas después de floración se debe a que los óvulos no fueron fertilizados. SEDGLEY (1980) determinó que todos los frutos caídos desde un mes después de floración habían sido fertilizados y mostraban un desarrollo normal del embrión y del endosperma. Estas observaciones descartan defectos de fertilización como el factor causal del alto grado de caída de fruta. Por lo tanto, una limitación en la fuente y/o "sink" o una competencia por asimilados puede ser una posible causa de las bajas producciones en paltos (KOHNE, 1998).

Los resultados hacen ver que no existió efecto en la retención final de frutos de la floración del año 2001, como tampoco en el aumento de la tasa de crecimiento de los frutos que fueron cosechados en la temporada 2002.

Según GARDIAZABAL (2002), los altos rendimientos sólo se logran si a nivel de los factores no controlables se tiene el menor número posible de limitaciones. Por lo tanto, el manejo de los factores controlables tendrá el mayor impacto productivo, entre los cuales, se encuentra el riego como responsable directo del crecimiento y desarrollo de los árboles, como también de la productividad y calidad de la fruta.

En el Anexo 4 se observa la producción final alcanzada por los sectores tratados.

4.4. Distribución de calibres:

GIL (2000) señala que el calibre final depende de las condiciones que promuevan la división celular en el periodo que privilegie a la especie y, en adelante, de las que favorecen la expansión celular, mientras que, las condiciones que promueven la acumulación de sólidos (hidratos de carbono y lípidos) influyen, más adelante, en el peso y en la calidad.

Según BEAN (1958), citado por URBINA (1994), el crecimiento de los frutos está sustentado principalmente por el aporte de fotosintatos provenientes de las hojas, ya que la capacidad fotosintética propia del fruto es muy baja, consistiendo básicamente en azúcares y derivados,

Los resultados obtenidos con el análisis de χ^2 indican que no existe diferencia entre los tratamientos, ya que se rechaza la hipótesis nula, que indica igualdad entre los valores observados y esperados. Esto se puede observar en el Cuadro 7.

También se puede apreciar de manera gráfica la distribución de calibres en la Figura 4.

Los resultados coinciden con los obtenidos al evaluar el diámetro polar y ecuatorial de los frutos, donde no se observó efecto del programa de nutrición.

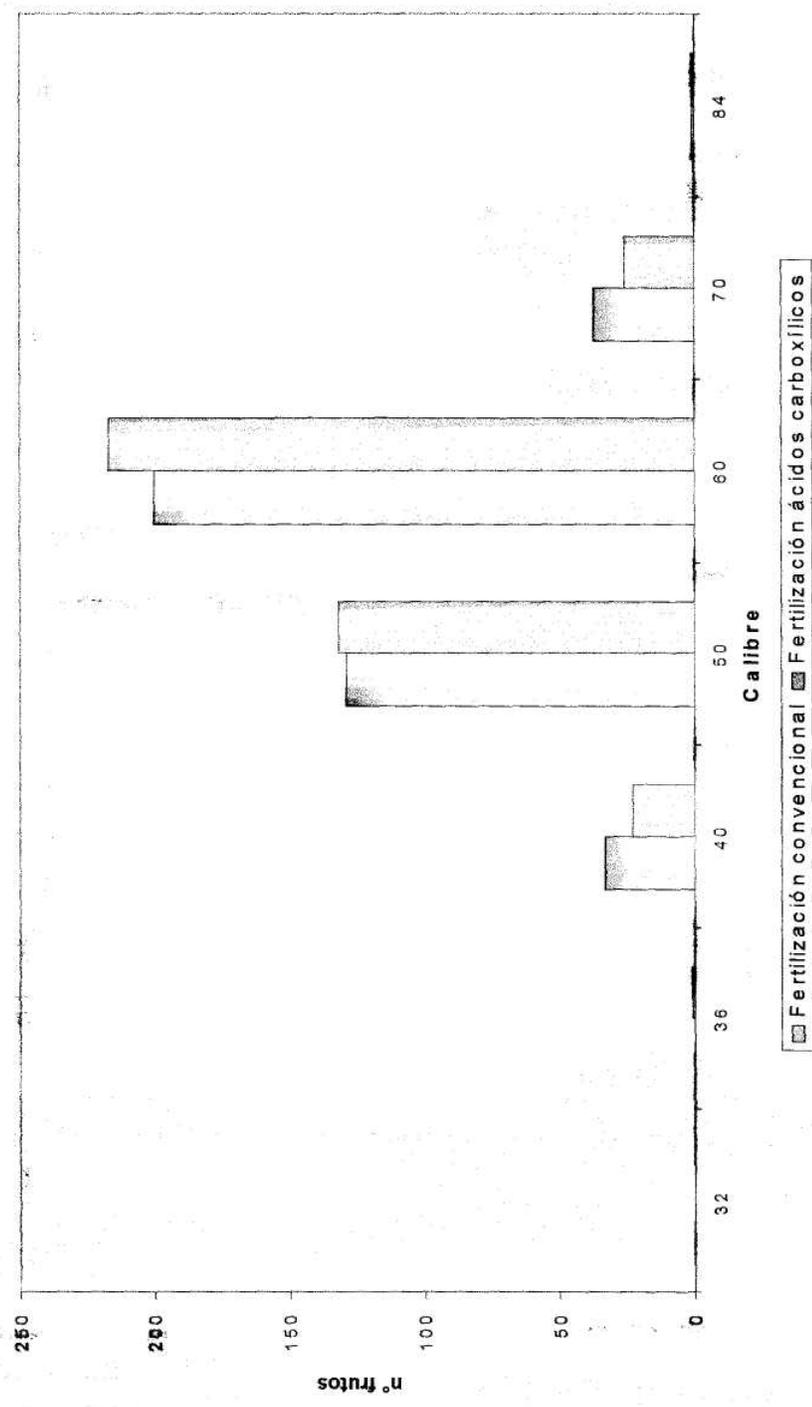


FIGURA 4. Distribución de calibres obtenido en frutos de palto (*Persea americana* Mill.) cv Hass. Santa Inés, Región Metropolitana, Chile. 2002.

Los resultados no coinciden con los obtenidos por ROMÁN y GUTIÉRREZ (1998) al evaluar la variable peso del fruto en melón, donde obtuvieron diferencias significativas en frutos tratados con ácidos carboxílicos pero, como se mencionó, estos investigadores trabajaron sólo con aplicaciones al follaje, al igual que los que realizaron ensayos en Chile.

CUADRO 7. Distribución de calibres obtenido de una muestra de 400 frutos de palto (*Persea americana* Mill.) cv, Hass. Santa Inés, Región Metropolitana, Chile. 2002.

Calibres	Fertilización convencional	Fertilización ácidos carboxílicos	Total frutos
32	0 (0)	0 (0)	0
36	0(0.5)	1 (0.5)	1
40	33 (28)	23 (28)	56
50	129 (130.5)	132 (130.5)	261
60	200 (208.5)	217 (208.5)	417
70	37 (31.5)	26 (31.5)	63
84	1 (1)	1 (1)	2
Total frutos	400	400	800

Números entre paréntesis indican valores esperados.

Valor tabla $\chi^2_{0.95(6)} = 12.59$

Estadístico de prueba $\chi^2 = 5.43$

4.5. Crecimiento vegetativo:

Las mediciones realizadas sobre el largo final de brotes en la temporada y posterior análisis de comparación de medias, indican que no hay diferencias entre los tratamientos.

Se esperaba que el aporte de la fertilización a base de ácidos carboxílicos tendría un efecto en disminuir el crecimiento del brote en la etapa de cuaja porque habría un mayor desvío de nutrientes hacia los frutitos en activo crecimiento

El Cuadro 8 muestra el efecto de los tratamientos, según los resultados de análisis de comparación de medias.

CUADRO 8. Efecto de los tratamientos sobre el largo final de brotes promedio de palto (*Persea americana* Mill.), expresado en centímetros. Santa Inés, Región Metropolitana, Chile. 2002.

Fertilización	Largo final de brote (cm)
Convencional	38.4 ^{NS}
Acidos carboxílicos	49.1

NS: No significativo.
($P > 0.05$)

Sería interesante realizar en futuros ensayos un análisis sobre la tasa de crecimiento de los brotes para observar la incidencia de los tratamientos sobre la velocidad de crecimiento en los distintos "flush" vegetativos, de manera de comparar con el crecimiento de los frutos, ya que en el mes de enero del año 2002 se observó una aparente diferencia en cuanto a cantidad de follaje a favor del tratamiento a base de ácidos carboxílicos, lo que puede ser atribuido a la aspersión foliar y la mayor fuerza "sink" que presentan los brotes primaverales en relación a la fuerza "sink" del fruto (KOHNE, 1998).

4.6. Intensidad de floración:

Muchos autores han investigado sobre el rol de los carbohidratos de reserva en el nivel de floración, condicionado principalmente por el nivel de reservas. Con relación

a esto WHILEY (1990a) señala que la alternancia en las producciones se debe básicamente a un bajo nivel de carbohidratos de reserva, producto de una alta producción en la temporada anterior.

Se esperaba comprobar si los árboles tratados con ácidos carboxílicos, al aumentar fotosíntesis y aportar carbohidratos a la planta, disminuían la alternancia debido a un mayor nivel de carbohidratos, en este caso de reservas.

Los resultados del análisis estadístico arrojaron una igualdad entre las medias de los tratamientos, indicando que no hubo efecto del tratamiento a base de ácidos carboxílicos sobre la floración para la producción de la temporada 2003.

En el Cuadro 9 se observa el efecto de los tratamientos sobre el número de panículas, y en el Cuadro 10 se observa el efecto sobre el número de flores por panícula.

CUADRO 9. Efecto de los tratamientos sobre la cantidad de panículas de palto (*Persea americana* Mill.), expresado en promedio de número de panículas por metro cuadrado. Santa Inés, Región Metropolitana, Chile. 2002.

Fertilización	N° de panículas·m ⁻²
Convencional	1.9 ^{NS}
Ácidos carboxílicos	2.3

NS: No significativo.
($P > 0.05$)

CUADRO 10. Efecto de los tratamientos sobre la cantidad de flores de palto (*Persea americana* Mill.), expresado en promedio de número de flores por panícula. Santa Inés, Región Metropolitana, Chile. 2002.

Fertilización	Nº de flores/panícula
Convencional	15.55 ^{NS}
Ácidos carboxílicos	12.85

NS: No significativo.
($P > 0.05$)

Los resultados no reflejarían completamente el comportamiento normal de los árboles tratados y no tratados, ya que sin lugar a dudas, las condiciones ambientales, específicamente las heladas ocurridas en la zona a fines de invierno del 2002, que llegaron a los -3°C , jugaron un papel preponderante en los resultados obtenidos. Fue posible observar el daño sufrido por las yemas en las distintas ramillas, las que presentaban síntomas de necrosis. Lo que se vio reflejado en un escaso, y a veces nulo, nivel de floración. En relación a esto, CALABRESE (1992) señala que el cultivar Hass es bastante sensible a las bajas temperaturas, particularmente de cero grados.

Dado el escaso nivel de floración, los árboles acumularán más reservas, por lo que la tasa de inducción en otoño será mayor, esperándose una gran floración en la primavera del año 2003. Esto debe ser acompañado de un manejo adecuado de la fertilización para apoyar la posible alza en la producción para la temporada 2003-2004.

4.7 Porcentaje de cuaja y caída:

ADDICOTT (1983), citado por KOHNE (1998), indica que en paltos, más del 99% de las flores y frutitos recién cuajados abortan.

El número de días con temperaturas día/noche favorables para la floración, en la zona del ensayo, es mayor a los registrados en Quillota, por lo que la cuaja es también mayor. Sin embargo, la producción promedio de la zona del ensayo es menor que en Quillota (GARDIAZABAL, 2002)*. Esto se debe a que la cantidad de fotoasimiladas producidas por el árbol es menor producto del daño en las hojas por la alta concentración de cloruros en el agua.

Dado esto, al aportar ácidos carboxílicos, que incrementan la actividad fotosintética y la disponibilidad de carbohidratos debería, en teoría, apoyar la mayor cuaja, disminuyendo la caída de frutos. Sin embargo, no se observaron diferencias entre los tratamientos para el porcentaje de cuaja (Cuadro 11).

CUADRO 11. Efecto de los tratamientos sobre el número de frutos cuajados de palto (*Persea americana* Mill.), expresado en porcentaje de cuaja final, observado hasta el 20 de diciembre. Santa Inés, Región Metropolitana, Chile. 2002.

Fertilización	% de cuaja
Convencional	1.19 ^{NS}
Ácidos carboxílicos	0.98

NS: No significativo.
($P > 0.05$)

4.8. Análisis de suelo:

El análisis de suelo realizado en la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso se presenta en el Anexo 5, para el testigo, y en el Anexo 6, para el sector tratado con ácidos carboxílicos.

* GARDIAZABAL, F. Ing. Agr. 2002. Universidad Católica de Valparaíso. Comunicación personal.

Según los resultados se podría concluir que la diferencia más relevante es en la conductividad eléctrica, donde el sector tratado con ácidos carboxílicos presenta $1.36\text{dS}^{-\text{m}^{-1}}$, mientras que en el sector tratado con el programa de nutrición estándar se obtuvo 3.04dSm^{-1} .

Según MENDOZA (2000), los ácidos policarboxílicos son ácidos orgánicos que poseen una gran proporción de grupos carboxílicos en su estructura molecular. Estos ácidos al interactuar en la solución del suelo, liberan su constituyente ácido (H^+), intercambiándolo por el sodio, con el cual forman un quelato de sodio, muy estable, el cual es lixiviado por el agua de riego, a la periferia del bulbo. Por lo que se podría atribuir este efecto a la disminución del contenido de sodio en el suelo.

El palto es en gran medida el árbol más sensible a los efectos de la salinidad (SHALHEVET, 1999). En el presente ensayo se observó una conductividad eléctrica que supera al nivel óptimo para la especie, que según MAAS y HOFFMAN (1977), citados por, RONCAGLIOLO (2001), corresponde a $1.3\text{dS}^{-\text{m}^{-1}}$. A pesar de este alto nivel de conductividad eléctrica, los parámetros productivos no fueron mejores en el tratamiento con ácidos carboxílicos.

Se puede esperar que en largo plazo podría tener un efecto a favor del rendimiento, ya que MAAS y HOFFMAN (1977), citados por, RONCAGLIOLO (2001), señalan que a un valor de conductividad eléctrica superior a 3dSm^{-1} el palto produce alrededor de un 50% de su óptimo, mientras que con un valor cercano a $1.3\text{dS}^{-\text{m}^{-1}}$ el rendimiento sería de un 100%.

4.9 Análisis foliar:

De acuerdo los análisis foliares hechos en los árboles del ensayo, se puede observar que en el sector tratado (sector seis), no se observan diferencias relevantes entre las muestras colectadas antes de las aplicaciones y al termino de la temporada 2001-2002.

Solamente se aprecian deficiencias de boro y zinc, que son deficiencias comunes en el huerto y, que son tratadas año a año con el sistema de fertilización utilizado.

El detalle de los resultados de los análisis foliares se presentan en el Anexo 7.

En el huerto no se observaron diferencias en la coloración de las hojas que indiquen algún problema nutricional en los árboles, lo que se confirma al observar los análisis, tanto de suelo como foliar, por lo que se podría deducir que los productos no fueron absorbidos por los árboles.

REAL (2002)* indica que en México existen zonas con altos contenidos de Na en sus suelos, donde Promesol 5x y 30x fueron utilizados ampliamente para la recuperación de suelos sódicos, controlando problemas de salinidad y mejorando la estructura del suelo, por lo que se presume que su efecto sería en este sentido, más que en la fisiología del árbol. Promesol es considerado entre los productos a aplicar en la recuperación de suelos salinos (FEUCHTER, 2000).

ROMÁN y GUTIÉRREZ (1998) resaltan los resultados obtenidos en la vida de postcosecha de melón (*Cucumis meló L.*), donde se existen incrementos de hasta un 88.9%.

* REAL, R. Ing. Agr. 2002. Soquimich México. Comunicación personal.

Packhard es un producto diseñado para promover consistencia y evitar desordenes fisiológicos, aumentando la vida de postcosecha de los frutos, formulado además con B y Ca, siendo un eficaz transportador de estos nutrientes hacia el fruto (PROQUISA, 2002). El Ca no está incorporado al programa de fertilización propuesto para el manejo del cultivo del palto en Chile. Pese a que los niveles de Ca en fruto de palto son sumamente bajos, estos presentan una excelente calidad y vida de postcosecha. En cambio, en Sudáfrica se aplica Ca todos los años al cultivo, y a pesar de esto la fruta tiene problemas serios de pulpa gris, asociado a déficit de Ca (GARDIAZABAL, 2003)*. Ya que una parte importante de la fruta chilena será enviada a mercados europeos, lo que implicaría un viaje de más de 30 días viaje, más la cosecha y la comercialización, se requeriría de una fruta que dure al menos 45 días postcosecha. Por este motivo, es factible que en los próximos años el Ca se incorpore al programa de fertilización en Chile; aquí es donde sería importante evaluar el producto Packhard en relación a la calidad de postcosecha de los frutos de palto.

*GARDIAZABAL, F. Ing. Agr. 2003. Universidad Católica de Valparaíso. Comunicación personal.

5. CONCLUSIONES

En base a las mediciones realizadas desde el 28 de febrero al 21 de diciembre del 2002 a una muestra de 40 frutos por tratamiento, se pudo determinar que no existe un efecto del programa de nutrición a base de ácidos carboxílicos sobre el crecimiento de los frutos, tanto en su diámetro polar como ecuatorial.

Se puede concluir que no existe efecto del tratamiento a base de ácidos carboxílicos sobre la acumulación de aceite en los frutos, no produciéndose un anticipo en la cosecha de los árboles para la zona del ensayo.

No existe efecto sobre la longitud final de brotes de la temporada, aunque sería necesario medir y evaluar la tasa de crecimiento de los brotes para determinar el grado de competencia existente en los primeras semanas de vida de los frutos.

La condición climática de bajas temperaturas, que presentó la zona de Santa Inés para la temporada correspondiente al ensayo (floración del año 2002), generó una muerte de yemas. Por lo tanto, no se puede concluir si el programa de nutrición base de ácidos carboxílicos tuvo algún efecto en la intensidad de floración y en la cuaja final.

Se concluye que la aplicación del programa de nutrición a base de ácidos carboxílicos no modifica la proporción de calibres potencialmente exportables y tampoco el rendimiento total.

Los resultados anteriores no respaldan la incorporación de productos a base de ácidos carboxílicos al manejo productivo del palto (*Persea americana* Mill.) cv. Hass para la zona del ensayo, ya que no se observan incrementos en la productividad del huerto.

6. RESUMEN

El palto (*Persea americana* Mill.) es un frutal de gran importancia a nivel mundial, siendo considerado entre los 20 frutales más importantes. Chile es el tercer productor a nivel mundial.

Entre los problemas que presenta este frutal en nuestro país está la baja productividad de los huertos, característica condicionada a las condiciones ambientales y al comportamiento fenológico y fisiológico del árbol, y que es el principal motivo de investigación nacional en esta especie. Consecuentemente se realizó esta investigación sobre la aplicación de ácidos carboxílicos para incrementar la productividad y desarrollo del fruto en la variedad Hass.

El experimento se realizó en condiciones de campo en el Fundo Santa Rita de Lo Prado, localidad de Santa Inés, Provincia de Melipilla, Región Metropolitana, Chile.

En un sector del huerto se aplicó un programa de nutrición a base de ácidos carboxílicos, aplicando Promesol 5x y Packhard desde cuaja hasta los 120 días de vida del fruto. Otro sector del huerto se mantuvo con el programa de nutrición convencional.

Se evaluó el efecto de los tratamientos de manejo nutricional sobre el rendimiento, distribución de calibres, desarrollo del fruto, desarrollo vegetativo, desarrollo reproductivo y evolución del porcentaje de aceite de los frutos.

Para las variables rendimiento, largo final de brote, número de panículas, número de flores, porcentaje de cuaja y porcentaje de caída de frutitos, se realizó un análisis de comparación de medias con el estadístico t de Student, donde no existió diferencia significativa entre los tratamientos para ninguna de las variables anteriores. En la variable desarrollo del fruto y evolución del porcentaje de aceite del fruto, se construyeron curvas de crecimiento, siendo nulas las diferencias en ambos casos.

Para la variable distribución de calibres, se realizó un test de χ^2 , el cual arrojó que no existieron diferencias significativas entre los calibres obtenidos para cada uno de los tratamientos.

7. LITERATURA CITADA

- BAR, Y., APELBAUM, A., KAFKAFI, U. and GOREN, R. 1997. Relationship between chloride and nitrate and its effect on growth and mineral composition of avocado and citrus plants. *Journal of Plant Nutrition* 20: 715-731.
- BERTLING, I., COWAN, A. and MOORE-GORDON, C. 1998. Avocado fruit growth: Physiological processes agfiliated with the ocurrence of phenotypically small Hass fruit. *Acta Horticulturae* 463: 225-230.
- BLANKE, M. and WHILEY, A. 1995. Water relations and respiration of developing avocado fruit. *Journal of Plant Physiology* 145: 87-92.
- BLUMENFELD, A. and GAZIT, S. 1972. Gibberellin-like activity in the developing avocado fruit. *Physiologia Plantarum* 27: 116-120.
- CALABRESE 1992. El aguacate. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa. 249 p.
- CONCA, E. 1995. Un acierto tecnológico para la actividad agrícola chilena. *Chile-Hortofrutícola* 6(35): 13-18.
- CORPORACIÓN DE FOMENTO DE LA PRODUCCIÓN. 1996. Estudio de suelo de secano región V y Metropolitana. Santiago, CIREN. 132 p.
- COWAN, A, CRIPPS, R., RICHINGS, W. and TAYLOR, N. 2001. Fruit size: Towards an understanding of metabolic control of fruit growth using avocado as a model system. *Physio logia Plantarum* 111:127-136.
- _____. 1998. Why are small Hass fruits small?. *South African Avocado Growers Association Yearbook* 20: 52-54.
- _____, MOORE-GORDON, C, BERTLING, I. and WOLSTENHOLME, N. 1997. Metabolic control of avocado fruit growth. *Plant Physiology* 1154: 511-518.
- CUMMINGS, K. and SCHROEDER. 1942. Anatomy of the avocado fruit. *California Avocado Society Yearbook* 26: 56-64.

- CUTTING, J. 1993. The cytokinin complex as related to small fruit in Hass avocado. *Acta Horticulturae* 329: 147-149.
- FAUST, M. 1989. *Physiology of temperate zone fruit trees*. New York, Wiley Interscience. 338 p.
- FEUCHTER, F. 2000. Recuperación de suelos salinos agrícolas, mediante el establecimiento de praderas bajo riego y cultivos alternativos, (on line), www.zoetecnocampo.com/documentos/recuperacion/recuperacion03.htm
- GARDIAZABAL, F. 2002. Fertirrigación en palto. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. Curso de Fertirrigación. Quillota, agosto 2002. pp. 77-88.
- _____ y ROSENBERG, G. 1991. El cultivo del palto. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 201 p.
- GASTÓ, J., COSÍO, F. y PAN ARIO, D. 1993. Clasificación de ecorregiones y determinación de sitio y condición. Santiago, REEPAN. 253 p.
- GIL, G. 2000. La producción de fruta. Santiago, Ediciones Universidad Católica de Chile. 583 p.
- GILLASPY, G., BEN-DAVID, H. and GRUISSEM, W. 1993. Fruits: A developmental perspective. *Plant Cell* 5: 1439-1451.
- GODDLE, D. 21. 1999. Adaptations of the photosynthetic apparatus to stress conditions. In: Lerner, H. *Plant responses to environmental stresses*. New York, Marcel Dekker. pp. 449-466.
- HOFSHI, R. 2002. The chilean avocado industry: an overview. (online), www.avocadosource.com
- JACOBS, T. 1995. Cell cycle control. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 46: 317-339.
- JAQUE, M. 2001. Evaluación técnica del comportamiento de paltos (*Persea americana* Mill.) cv. Hass en 2 edades sometidos a un sistema de poda en seto. Taller de Licenciatura Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 84 p.

- KOHNE, S. 1998. Floración, desarrollo de fruta y manipulación de la producción en paltos. Sociedad Gardiazabal y Magdahl. Seminario Internacional de Paltos. Viña del Mar. 4, 5 y 6 de noviembre 1998. pp. 81-90.
- LEHNINGER, L. 1978. Bioquímica. 2 edición. Barcelona, Ediciones Omega. 1117 p.
- LITTLE, T. HILLS, T. 1976. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Ciudad de México, Editorial Trillas. 270 p.
- LIU, X., SIEVERT, J., ARPAIA, M. and MADORE, M. 2002. Postulated physiological roles of the seven-carbon sugars, mannoheptulosa and perseitol in avocado. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 127: 108-114.
- _____, ROBINSON, P., MADORE, M., WITNEY, G. and ARPAIA, M. 1999a. Hass avocado carbohydrate fluctuations. I. Growth and phenology. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 124: 671-675.
- _____, _____, _____, _____ and _____. 1999b. Hass avocado carbohydrate fluctuations. II. Fruit growth and ripening. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 124: 676-681.
- LOVATT, C. 1997. Pollination biology and fruit set in avocado. Conference 97 Searching for Quality. New Zeland. 23-26. september 1997. pp. 99-105.
- _____. 1990. Factors affecting fruit set/early fruit drop in avocado. *California Avocado Society Yearbook* 71: 193-199.
- _____. 1987. Stress. *California Avocado Society Yearbook* 71: 251-255.
- MARTÍNEZ, O. 1984. Variación estacional en el contenido de aceite, contenido de humedad, tamaño y palatabilidad en frutos de palto (*Persea americana* Mill.) cvs. Negra de la Cruz, Bacon, Zutano, Fuerte, Edranol, Hass. Taller de Licenciatura Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 90 p.
- MENDOZA, H. 2000. Salinidad y alcalinidad: diagnóstico, efectos sobre la producción y manejo. Bioamérica. Primer Simposium Internacional: Fertirrigación y Control en Frutales y Viñas. Santiago, agosto 2000. pp. 33-50.

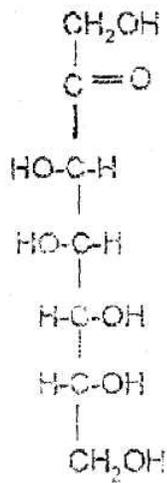
- MOORE-GORDON, C, WOLSTENHOLME, N. and LEVIN, J. 1995. The effect of mulching on fruit growth and yield in Hass avocado, with special reference to the small fruit problem. South African Avocado Growers Association Yearbook 18: 47-49.
- PROQUISA. 2002. Boletín informativo: Packhard y Promesol 5x. 4 p.
- RICHINGS, R., RYAN, C. and COWAN, A. 2000. Factors affecting Hass avocado fruit size: Carbohydrate, abscisic acid and isoprenoid metabolism in normal and phenotypically small fruit. *Physiologia Plantarum* 109: 81-89.
- RODRÍGUEZ. F. 1982. El aguacate. Ciudad de México, AGT. 167 p.
- ROMÁN, L. y GUTIÉRREZ, M. 1998. Evaluación de ácidos carboxílicos y nitrato de calcio para incrementar calidad, cantidad y vida de anaquel en tres tipos de melón, (online), www.chapingo.mx/terra/contenido/16/1/art49-54.pdf
- RONCAGLIOLO, M. 2001. Efecto de dos sistemas de riego presurizado, goteo y microchorro, sobre el lavado de sales, crecimiento vegetativo y reproductivo en palto (*Persea americana* Mill.) cv. Hass, en la zona de Mallarauco. Taller de Licenciatura Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 104 p.
- SALISBURY, F. y ROSS, C. 1994. Fisiología vegetal. Ciudad de México, Editorial Iberoamericana. 759 p.
- SCHOLEFIELD, P.; SEDGLEY, M. and ALEXANDER, D. 1985. Carbohydrate cycling relation to shoot growth, floral initiation and development and yield in the avocado. *Scientia Horticulturae* 25: 99-110.
- SANTIBAÑEZ, F. y URIBE, J. 1990. Atlas agroclimático de Chile. Regiones Quinta y Metropolitana. Santiago. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 65 p.
- SEDGLEY, M. 1985. Some effects of daylength and flower manipulation on the floral cycle of two cultivars of avocado (*Persea americana* Mill.), a species showing protogynous dichogamy. *Journal of Experimental Botany* 36: 823-832.
- _____ and ANNELS, C. 1981. Flowering and fruit set response to temperature in the avocado cv. Hass. *Scientia Horticulturae* 14: 27-33.

- _____. 1980. Anatomical investigation of abscised avocado flowers and fruitlets. *Annals of Botany* 46: 771-777.
- SHALHEVET, J. 1999. Salinity and water management in avocado, (online). www.avocadosource.com
- SILVA, M. 1997. Evaluation del efecto de un producto de origen aminoacido, aplicado en floracion, sobre la cuaja y retencion de fruta del palto (*Persea americana* Mill.) cv. Hass, en la zona de Quillota V region. Taller de Licenciatura Agr. Quillota, Universidad Catolica de Valparaiso, Facultad de Agronomia. 64 p.
- TAPIA, P. 1993. Aproximacion al ciclo fenologico del palto (*Persea americana* Mill.) cv. Hass, para la zona de Quillota, V region. Taller de Licenciatura Agr. Quillota, Universidad Catolica de Valparaiso, Facultad de Agronomia. 82 p.
- URBINA, C. 1994. Aplicacion de CPPU en paltos (*Persea americana* Mill.) cvs. Hass, Fuerte y Edranol para favorecer la retencion de frutos y produccion de los arboles. Taller de Licenciatura Agr. Quillota, Universidad Catolica de Valparaiso, Facultad de Agronomia. 102 p.
- WHILEY, A. and SCHAFFER, B. 2002. Environmental physiology. In: Whiley, A., Schaffer, B. and Wolstenholme, N. *The avocado: Botany, production and uses*. London, CABI Publishing. 416 p.
- _____, RASMUSSEN, T., SARANAH, J. and WOLSTENHOLME, N. 1996. Delayed harvest effects on yield, fruit size and starch cycling in avocado (*Persea americana* Mill.) in subtropical environments. II. The late-maturing cv. Hass. *Scientia Horticulturae* 66: 35-49.
- _____. 1990a. Interpretation de la fenologia del palto para obtener mayores producciones. Universidad Catolica de Valparaiso, Facultad de Agronomia. Curso Internacional de Produccion, Post-cosecha y Comercializacion de Paltas. Vina del Mar 2-5 de octubre 1990. pp. E1-E25.
- _____. 1990b. CO₂ assimilation of developing fruiting shoots of cv. Hass avocado. A preliminary report. South African Avocado Growers Association Yearbook 10: 45 A1.

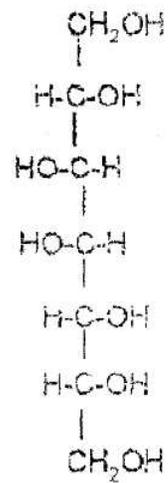
- _____, CHAPMAN, K. and SARANAH, J. 1988. Water loss by floral structures of avocado cv. Fuerte during flowering. *Australian Journal of Agricultural Research* 39; 457-467.
- WOLSTENHOLME, N. and WHILEY. 1995. Prospects for increasing Hass fruit size. Australian Avocado Growers Federation Inc. A Southern Hemisphere Perspective. Australia, april 30 to may 3, 1995. pp 89-102.
- _____ . 1986. Energy costs of fruting as a yield-limiting factor with special reference to avocado. *Acta Horticulturae* 175: 121-126.
- ZHANG, K., LETHAM, D. and JOHN, P. 1996. Cytokinin controls the cell cycle at mitosis by stimulating the tyrosine dephosphorylation and activation of the histone kinase. *Planta* 200: 2-12.
- ZILKAH, S. and KLEIN, I. 1987. Growth kinetics and determination of shape and size of small and large avocado fruit cultivar Hass on the tree. *Scientia Horticulturae* 32: 195-202.

ANEXOS

ANEXO 1. Estructura química de azúcares de siete carbonos presentes en palto



Mannoheptulose



Perseitol

Fuente: LIU *et al.* 2002.

ANEXO 2. Tratamiento testigo, correspondiente al programa de nutrition desarrollado en forma comercial en el huerto.

FECHA	Fertilizante	Dosis (g-árbol ⁻¹)
APLICACIÓN AL SUELO		
30-Oct-02	Sulfato de Zinc	36,4
29-Nov-02	Sulfato de Zinc	72,1
2-Ene_02	Sulfato de Zinc	72,1
05-Ene-01	Salitre	20,6
12-Ene-02	Nitrato de Amonio	34,3
19-Ene-02	Salitre sódico	30,9
21-Ene-02	Urea	48,1
25-Ene-02	Sulfato de Zinc	60,4
24 al 30 Ene-02	Urea	412,1
11, 14 y 18 Feb-02	Urea	206
21, 25 y 28 Feb-02	Nitrato de Potasio	199,9
16 al 22 Feb-02	Nitrato de Potasio	206
07-Mar-02	Sulfato de Zinc	60,4
TOTAL	N	378,3
	K₂O	185,81
	Zn	120,56
APLICACIÓN FOLIAR		
	Fertilizante	Dosis (g-árbol ⁻¹)
16-Oct-01	Acido bórico	72.72 g
20-Oct-01	Acido bórico	72.72 g
07-Nov-02	Acido bórico	72.72 g
TOTAL	Acido bórico	218.16 g

ANEXO 3, Tratamiento correspondiente al programa de nutrición a base de ácidos carboxílicos.

FECHA	Fertilizante	Dosis (g-árbol ⁻¹)
APLICACIÓN AL SUELO		
08-Oct-01	Urea	67,3
	Promesol	13,38 (12,62cc)
21-Oct-01	Urea	67,3
	Promesol	13,38 (12,62cc)
30-Oct-01	Sulfato de Zinc	36,2
29-Nov-01	Sulfato de Zinc	71,5
08-Dic-01	Urea	151,5
	Promesol	6,25 (5,89cc)
02-Ene-02	Sulfato de Zinc	71,5
25-Ene-02	Sulfato de Zinc	60,6
24 al 30-Ene-02	Urea	151,5
	Promesol	6,25 (5,89cc)
11, 14 y 18 Feb-02	Urea	151,5
07-Mar-02	Sulfato de Zinc	60,6
TOTAL	N	271
	Zn	120.16
APLICACIÓN FOLIAR		
	Fertilizante	Dosis (g-árbol ⁻¹)
03-Oct-01	Packhard	0.94 (0.75cc)
	Ácido Bórico	0.15
	Sulfato de Zinc	9.09
18-Oct-01	Urea	36.36
	Carboxy Ca	28.40 (22.72cc)
23-Oct-01	Packhard	0.94 (0.75cc)
	Ácido Bórico	0.15
	Sulfato de Zinc	9.09
09-Dic-01	Packhard	7.57 (6.06cc)
04-Feb-02	Packhard	8.7 (6.96cc)
TOTAL	Ácido Bórico	0.3
	N	16.72
	Zn	7.27

ANEXO 4, Producción total obtenida en los sectores tratados en el Fundo Santa Rita de Lo Prado en la temporada 2002-2003.

Sector	N° árboles	Producción (Kg)	Producción(Ton-ha ⁻¹)
6	1160	30732	8.73
7	1274	33096	8.574

Fuente: Registros de producción del Fundo Santa Rita de Lo Prado.

ANEXO 5. Extracto del análisis de suelo realizado en el sector tratado con el programa de nutrición desarrollado en forma comercial en el huerto. Santa Ines, Region Metropolitana, Chile. 2002.

RESULTADO ANÁLISIS	
pH	8
CE (dS·m ⁻¹)	3.04
Materia orgánica (%)	4.59
Nitrógeno disponible (ppm)	40.82
Zinc (ppm)	18.8
Manganeso (ppm)	6.84
Fierro (ppm)	67.5

Fuente: Laboratorio de suelos. Facultad de Agronomía, Universidad Católica de Valparaíso.

ANEXO 6, Extracto del análisis de suelo realizado en sector tratado con programa de nutrición a base de ácidos carboxílicos. Santa Ines, Region Metropolitana, Chile. 2002.

RESULTADO ANÁLISIS	
pH	8.14
CE (dS·m ⁻¹)	1.36
Materia orgánica (%)	2.26
Nitrógeno disponible (ppm)	32.65
Zinc (ppm)	6.28
Manganeso (ppm)	8.62
Fierro (ppm)	33.5

Fuente: Laboratorio de suelos. Facultad de Agronomía, Universidad Católica de Valparaíso.

ANEXO 7. Resultados de análisis foliar realizado en los árboles del sector tratado con ácidos carboxílicos, antes y después de la aplicación. Santa Ines, Region Metropolitana, Chile. 2002,

FECHA MUESTREO		2001		2002		
		RANGO		16.04.01	22.04.02	Sector 6
		NORMAL				
N- Total	%	2,00-2,40	2.10	2.13		
Fósforo	%	0,10-0,25	0.12	0.13		
Potasio	%	0,80-2,00	1.21	1.25		
Calcio	%	1,00-3,00	1.76	1.8		
Magnesio	%	0,25-0,80	0.33	0.31		
Cobre	ppm	5,0-15,0	14	9		
Zinc	ppm	30-150	16	38		
Manganeso	ppm	30-500	198	254		
Fierro	ppm	75-150				
Boro	ppm	50-100	34	29		