

UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO

FACULTAD DE AGRONOMIA

ÁREA FRUTICULTURA



TALLER DE LICENCIATURA

**EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN CON N-P-K-CA EN
PALTO (*persea americana* Mill.) cv. HASS SOBRE SU
DESARROLLO, PRODUCTIVIDAD Y POSTCOSECHA.**

FRANCISCO GONZÁLEZ VALDÉS

QUILLOTA CHILE

2002

“Hay dos tipos de educación:

la que te enseña a ganarte la vida

y la que te enseña a vivir”

A Dios...,

y mis padres...

AGRADECIMIENTOS

Especial gratitud a mis profesores guía don Francisco Gardiazabal y Carlos Wilhelmy que depositaron en mí su confianza para la realización de este Taller de Licenciatura. Del mismo modo, al Dr. Anthony Whiley que en breves visitas a Chile realizó notables aportes.

A los productores por su generosa disposición para el montaje de los ensayos. Don Osvaldo Jünemann del fundo Los Graneros de Cabildo. A don Pablo Roses y Jorge Smith del fundo Desarrollo Agrario de Llay Llay.

A la gente que trabaja en sus campos: Arturo Arce, Patricio Herrera, Juan Pablo Aragón, Luis Figueroa y a tantos otros que también se involucraron con este trabajo.

A la señora Iris Baeza por su especial acogida, aprecio y colaboración.

A Pablo Caviedes, por facilitar las instalaciones de SAFEX para las evaluaciones de postcosecha. A Angélica Maturana, Patricia Blanco, Miguel Oyanedel y Wilfredo Cruz, como también al resto del personal de control de calidad, *packing* y cámara.

A Francisco Mena por su amistad y valiosísima ayuda en la gestión de todas las etapas del Taller.

A mis padres, Tomás y Laura, por la educación que me brindaron, confianza, testimonio de familia, amor incondicional e inagotable paciencia.

A Dios, por todo.

INDICE DE MATERIAS

1.	Introducción	1
2.	Revisión bibliográfica.....	4
2.1.	Nutrición mineral.....	4
2.1.1.	Requerimientos nutricionales del palto	4
2.1.1.1.	Nitrógeno	7
2.1.1.2.	Fósforo.....	9
2.1.1.3.	Potasio.....	11
2.1.1.4.	Calcio.....	12
2.1.1.5.	Boro	16
2.1.1.6.	Cinc.....	17
2.1.2.	Análisis de suelo	17
2.1.3.	Análisis foliar	18
2.1.4.	Fenología del palto y fertilización nitrogenada.....	20
2.1.5.	Estrategias de fertilización	22
2.2.	Post cosecha de la palta.....	24
2.2.1.	Maduración de la palta.....	25
2.2.2.	Almacenaje en frío	26
2.2.3.	Desórdenes y pudriciones de postcosecha	28
2.2.3.1.	Enfermedades de postcosecha	28
2.2.3.2.	Pardeamiento de pulpa.....	29
2.2.3.3.	Manchas en la pulpa.....	30
2.2.3.4.	Pardeamiento vascular	30
3.	Material y método	32
3.1.	Procedimiento experimental	32
3.2.	Ensayo Cabildo: fertilización con calcio para mejorar la calidad y condición de la fruta.....	34
3.2.1.	Descripción del ensayo	34
3.2.1.1.	Clima.....	35
3.2.1.2.	Suelo.....	35
3.2.1.3.	Agua	36
3.2.1.4.	Material vegetal	36
3.2.2.	Mediciones para el ensayo de Cabildo	36
3.2.2.1.	Análisis de suelo.....	36
3.2.2.2.	Análisis foliares.....	37
3.2.2.3.	Porcentaje de aceite	38
3.2.2.4.	Cosecha total.....	38
3.2.2.5.	Distribución de calibre	39
3.2.2.6.	Análisis de fruta	39
3.2.2.7.	Mediciones de postcosecha	40
3.3.	Ensayo Llay Llay: incremento de la producción a través de fertilización con P y K en paltos plantados en cerro	41

3.3.1.	Descripción del ensayo	41
3.3.1.1.	Clima.....	41
3.3.1.2.	Suelo.....	42
3.3.1.3.	Agua	42
3.3.1.4.	Material vegetal	42
3.3.2.	Mediciones para el ensayo de Llay Llay	45
3.3.2.1.	Crecimiento de ramillas	45
3.3.2.2.	Floración	45
3.3.2.3.	Cosecha total.....	46
3.3.2.4.	Distribución de calibres.....	46
3.4.	Análisis de datos.....	46
3.4.1.	Modelo matemático.....	47
3.4.2.	Hipótesis nula para el ensayo de Cabildo.....	48
3.4.3.	Hipótesis nula para el ensayo de Llay Llay.....	48
4.	Presentación y discusión de resultados	49
4.1.	Ensayo Cabildo: fertilización con calcio para mejorar la calidad y condición de la fruta.....	49
4.1.1.	Análisis de suelo	49
4.1.2.	Análisis foliar	52
4.1.3.	Porcentaje de aceite	54
4.1.4.	Cosecha total y distribución de calibre.....	55
4.1.5.	Análisis de fruta.....	58
4.1.6.	Mediciones de postcosecha.....	60
4.1.6.1.	Resistencia de la pulpa a la presión.....	60
4.1.6.2.	Color externo de la fruta	61
4.1.6.3.	Pardeamiento vascular	65
4.1.6.4.	Incidencia de enfermedades.....	66
4.1.6.5.	Pardeamiento de pulpa.....	67
4.2.	Ensayo Llay Llay: incremento de la producción a través de fertilización con P y K en paltos plantados en cerro	71
4.2.1.	Análisis de suelo	71
4.2.2.	Análisis foliar	75
4.2.3.	Porcentaje de aceite	78
4.2.4.	Cosecha total y distribución de calibre.....	78
4.2.5.	Crecimiento de ramillas.....	80
4.2.6.	Floración	85
5.	Conclusiones	87
6.	Resumen	88
7.	Literatura citada	89

ANEXOS103

1. INTRODUCCIÓN

Una de las principales herramientas de manejo para optar a mayores producciones en los huertos de paltos y con un significativo impacto sobre la calidad de la fruta es la nutrición mineral (WHILEY, 2001; WOLSTENHOLME, 1999). La estrategia de fertilización más utilizada en Chile se basa en la aplicación de nitrógeno, boro y cinc.

En el mundo se han realizado pocos estudios sobre el efecto de la incorporación de otros minerales, obteniéndose resultados variables. Por otra parte, en Chile no se ha estudiado bajo las condiciones edafoclimáticas locales; tampoco se ha puesto mayor atención en el efecto de la fertilización sobre la calidad de la fruta para la postcosecha.

La extracción de potasio en suelos de fertilidad media es significativo, sobre todo frente a grandes cosechas (SNIJDER y STASSEN, 2000). Precisamente, la fertilización con potasio incrementa el calibre (LAHAV, BAREKET y ZAMET, 1976). La nutrición con fósforo y potasio ha sido exitosa al aumentar la producción en casos de deficiencia extrema, evidenciada en el análisis foliar (TRACY, 1985; CASADO *et al.*, 1984).

Por otro lado, se ha incrementado la producción hasta un 50% tras la adición de fósforo en otoño por ocho temporadas, sin efectos en los análisis foliares (WINER, REUVENI y BAR, 1998). En contraste, otros ensayos no han revelado efectos luego de tres temporadas de fertilización con fósforo y potasio aplicado durante plena floración (LOVATT, 2000a).

En relación al calcio, asociado a la calidad de la fruta, se han realizado aplicaciones al follaje de nitrato de calcio sin resultados positivos (SOLIS *et al.*, 1996). Resultados exitosos se han obtenido con aplicaciones sucesivas de quelatos de calcio (Calcimax®) al follaje en paltos cv. Pinkerton durante floración y la infiltración

de calcio por inmersión de paltas cv. Hass en sales de CaCl_2 (PENTER y STASSEN, 2000; TWINGA y YOUNG, 1974).²

El calcio no es un mineral escaso en el suelo. La mayor absorción por la planta se relaciona con la presencia de otros iones en la solución. Si el ión predominante es NO_3^- se produce una mayor absorción de calcio por la planta (RETAMALES, 1995; FAUST, 1989; KIRKBY, 1979).

El suministro de nitrato de calcio en primavera durante los primeros estados de desarrollo de la fruta, favorecería una mejor absorción del calcio por la planta y su mayor disponibilidad para la fruta. La nutrición con fósforo y potasio durante verano y otoño fortalecería el sistema radicular, incrementando el crecimiento vegetativo y permitiendo mejorar el abastecimiento de fotosintatos y minerales a la fruta recién cuajada de la temporada siguiente. De esta forma, se incrementaría la producción, el calibre y la vida de postcosecha de la palta cv. Hass.

El Taller de Licenciatura evaluará los efectos del primer año de un estudio completo diseñado para cuatro años de fertilización con P, K y Ca bajo dos condiciones edafoclimáticas diferentes, con los siguientes objetivos:

- Cuantificar el efecto de fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, boro y cinc en la productividad, desarrollo vegetativo y calibre de paltos cv. Hass.
- Evaluar la calidad y condición de la palta cv. Hass al incorporar el calcio en el programa de fertilización.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Nutrición mineral:

Según HOPKINS (1999) las necesidades de nutrición de las plantas puede separarse arbitrariamente en dos:

- Nutrición orgánica: dirigida a la formación de compuestos carbonados derivados de la fotosíntesis a partir de la absorción de carbono, oxígeno e hidrógeno.
- Nutrición inorgánica: consiste en la absorción por la planta de elementos minerales desde el suelo.

Los nutrientes minerales a su vez se clasifican en macroelementos principales (N, P, K), macroelementos secundarios (Ca, Mg, S) y microelementos (Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, B, Cl) (DOMINGUEZ, 1993; RODRÍGUEZ, 1982).

Por otro lado, los fertilizantes son sales de origen natural o sintético que contienen los nutrientes minerales necesarios para el desarrollo de las plantas. Al entrar en contacto con la solución del suelo, se disocian en sus formas iónicas para ser luego absorbidos por las raíces de las plantas (SILVA y RODRIGUEZ, 1995; RODRIGUEZ, 1982). En el Anexo 1 se indican las formas iónicas asimilables por las plantas.

2.1.1. Requerimientos nutricionales del palto

El palto es conocido por su alta exigencia energética y su relativamente baja exigencia mineral (comparado con especies cítricas y de hoja caduca), sin embargo, para producciones de 15 a 20 ton ha⁻¹ la demanda de nutrientes al suelo es

significativa y debe ser reforzada con fertilización mineral (WOLSTENHOLME, 1999).

Una demanda relativamente baja de nutrientes se estima por las escasas observaciones de deficiencias de nutrientes encontradas en plantaciones comerciales (principalmente N, Zn y Fe). En segundo lugar, muy pocos nutrientes

son removidos (basado en un rendimiento de 10 ton ha⁻¹, N-P-K: 11, 2 y 20 kg ha⁻¹, respectivamente). Los incrementos productivos vegetativos por adición de dosis altas de nitrógeno, o bien, por incluir en el programa aplicaciones de fósforo y potasio, no son significativos (CASADO *et al.*, 1984; LAHAV y KADMAN, 1980, citados por LAHAV, 1998; LAHAV, BAREKET y ZAMET, 1976).

Sin embargo, recientes trabajos de SNIJDER y STASSEN (2000) incluyen otros minerales en los programas de fertilización. En el Cuadro 1 se señala las estimaciones de las necesidades de N-P-K-Ca-Mg para paltos de la variedad Hass plantados en suelos de diferentes grados de fertilidad.

CUADRO 1. Guía para macroelementos que anualmente deben ser incorporados en el programa de fertilización de paltos cv. Hass.

Tipo de suelo	kg elemento / tonelada de producción				
	N	P	K	Ca	Mg
Suelos arenosos (0-12% arcilla)	7,1	1,2	10,2	3,3	2,3
Suelo de potencial medio (12-24 % arcilla)	5,7	1,0	8,2	2,6	1,8
Suelos de alto potencial (>24% de arcilla)	4,5	0,8	6,5	2,1	1,5

Fuente: SNIJDER y STASSEN (2000).

Las hojas constituyen la principal reserva de estos elementos. Más de la mitad del nitrógeno y el 57 % del fósforo, 25% del potasio y 33% del azufre se redistribuyen en el árbol antes de caer. Sin embargo, calcio, hierro y manganeso no retornan previo a la abscisión. En la variedad Fuerte las pérdidas de minerales por abscisión de hojas e inflorescencias pueden llegar a 40% de nitrógeno, fósforo y potasio, 60% de calcio y 75% de magnesio (CAMERON, MUELLER y WALLACE 1952).

En trabajos similares, LAHAV y ZAMET (1999) determinaron pérdidas por parte de inflorescencias, yemas y frutos recién cuajados que absicionan durante la época de floración, equivalentes a 25,8-3,7-31,0 kg ha⁻¹ de N-P-K, respectivamente.

2.1.1.1. Nitrógeno

El nitrógeno es constituyente de un gran número de compuestos en la planta, formando parte estructural de la molécula de clorofila, presente en todas las proteínas (SANCHEZ y RAMIREZ, 2000; LEA, 1999). Es el elemento clave para la manipulación de balance de crecimientos vegetativos y reproductivos y el más limitante para la producción del palto (WOLSTENHOLME, 1999; EMBLETON y JONES, 1971).

Según LINSLEY y CULL (1982), la respuesta productiva de los otros nutrientes diferentes al nitrógeno es rara, por lo que todo el esfuerzo del manejo del programa de fertilización del palto se fundamenta simplemente en considerar por separado las decisiones del nitrógeno, mientras que como un solo grupo al resto de los nutrientes.

El nitrógeno es el nutriente mineral más importante que determina la producción en el palto; los desajustes en el manejo de éste pueden generar grandes crecimientos vegetativos en desmedro de la producción (WHILEY, 1984).

JAIME *et al.* (1985) observaron altas concentraciones foliares de nitrógeno (2-2,7%) en paltos cv. Hass atribuibles a nitratos diluidos en el agua de riego (60 mg/l) que han alcanzado rendimientos comerciales entre 12 y 20 ton ha⁻¹ año⁻¹ durante cuatro temporadas consecutivas.

Por otro lado, MAYER *et al.* (1990) observaron en paltos que recibieron una dosis de 4,0 libras de N/árbol una producción más baja y un ligero incremento de la altura de los árboles comparado con aquellos que recibieron 2,0 libras de N/árbol.

Tanto el ión NH₄⁺ como el NO₃⁻ pueden ser absorbidos por las plantas desde la solución del suelo (SILVA y RODRÍGUEZ, 1995). Sin embargo, la concentración de

NH_4^+ en el suelo es bastante baja, por lo tanto, la forma NO_3^- es la preferida por las plantas. Cuando la única fuente de nitrógeno es de la forma nítrica, la concentración de cationes divalentes en la planta es más alta (KAFKAFI, 1990).

Para cantidades equivalentes de nitrógeno aplicadas al huerto no existen diferencias entre las variadas fuentes inorgánicas de nitrógeno y la urea (EMBLETON y JONES, 1971). Sin embargo, ZILKAH *et al.* (2000) observaron en paltos cv. Pinkerton injertados sobre el portainjerto cv. Smith, que la cantidad de N absorbido vía nitrato puede ser 9,1 veces mayor que la absorción de N amoniacal en el otoño; 5,5 en invierno; 3,6 en primavera y 5,2 en verano.

SNIJDER y STASSEN (2000) observaron en árboles cv. Hass, que la mayor parte del nitrógeno del árbol se fija en las hojas; en segundo lugar en las estructuras permanentes de la madera, raíces y tronco. La fruta y la semilla contienen el resto, que sale del sistema en la cosecha. LOVATT (1996) evaluó la distribución del nitrógeno en el árbol para una cosecha estimada de 10 ton ha^{-1} (Cuadro 2).

CUADRO 2 Distribución del N en el palto cv. Hass en base a 100 árboles por hectárea.

Tejido	Kg N/ha
Ramillas nuevas	1,8
Hojas	17,5
Fruta (100 Kg/árbol)	28,0
Ramillas pequeñas (< 0,5 cm)	34,4
Ramillas estructurales	15,1
Tronco	2,2
Tronco del portainjerto	2,2
Raíces estructurales	3,1
Pequeñas raíces	0,8
Nuevas raíces	0,5
Total	105,6

Fuente: LOVATT, 1996.

Un incremento anual del crecimiento vegetativo entre el 20 y 30% puede costar entre 14 y 21 kg N ha^{-1} (LOVATT 1996).

La mayor cantidad de nitrógeno y de nitratos se encuentra en las ramillas nuevas en activo crecimiento y en aquellos tejidos más jóvenes. Por otro lado, raíces estructurales también tienen una alta concentración de nitratos. El contenido de nitrógeno total de las cortezas del portainjerto y de la variedad puede ser hasta dos veces mayor que la concentración de la madera (LOVATT, 1996; LAHAV, BAR y KALMAR, 1990).

Las reservas de nitrógeno presentes en el tronco y ramas son altas y en árboles de siete años de edad se estiman en 250 g árbol^{-1} lo que podría explicar por qué a pesar de la alta movilidad del nitrógeno en la planta y el suelo, la corrección de una deficiencia severa de este mineral podría requerir al menos dos años, ya que antes de trasladarse al follaje y puntos de crecimiento, debería reponer las reservas (LAHAV, BAR y KALMAR, 1990).

2.1.1.2. Fósforo

Su función está en la fotosíntesis, forma parte de la molécula de ATP permitiendo el almacenamiento y transferencia de energía. Acelera la madurez y se relaciona con la formación de semillas. Su deficiencia se caracteriza por una reducción del crecimiento, hojas pequeñas, marchitas y necróticas, finalmente se produce una caída prematura de éstas (SANCHEZ y RAMIREZ, 2000).

TRACY (1985), en experimentos de campo, describió la deficiencia de fósforo como una reducción del tamaño de la hoja y aparición de manchas necróticas distribuidas a través de toda la lámina.

La fertilización fosforada se aplica tradicionalmente como ácido fosfórico (H_3PO_4) el cual se disocia en la solución del suelo perdiendo átomos de hidrógeno quedando en las formas $\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$, HPO_4^{-2} y PO_4^{-3} . Las plantas absorben el fósforo principalmente de las formas $\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$ y HPO_4^{-2} (LOVATT, 1990).

LOVATT (2000a) aplicó al suelo fosfito de potasio, el cual se transforma en fosfato, sin embargo, no observó efectos después de tres cosechas acumuladas en cuanto a distribución de calibre, nivel mineral en hojas, calidad de fruta, calibre o producción.

Al contrario, en ensayos de fertilización con nitrógeno y fósforo durante ocho años, WINER, REUVENI y BAR (1998) observaron un incremento productivo equivalente al 50%, atribuido al efecto del fósforo en el incremento de la materia seca de las raíces, a pesar de no existir incrementos en los niveles foliares de fósforo y nitrógeno. WINER *et al.* (1994), reportaron un incremento productivo equivalente a 30% en paltos cv. Hass, con un efecto similar en las raíces.

Existe una correlación negativa entre el contenido de fósforo en las estructuras florales que abscisionan y la producción de la temporada siguiente, mientras que el nivel de fósforo foliar nunca se ha correlacionado con producción (LAHAV y ZAMET, 1999).

CASADO *et al.* (1984) observaron una correlación entre aplicaciones de diferentes dosis de fertilizantes fosforados con el nivel foliar al cabo de seis años. Por otro lado, TRACY (1985), superó la deficiencia de fósforo en paltos cv. Hass, después de tres años consecutivos de fertilización.

La piel, pulpa y semilla del palto contienen mucho fósforo y en el otoño, cuando la mayoría de los cultivares tienen fruta en formación o activo crecimiento, se produce una activa migración del fósforo desde la hoja hacia la fruta (JAIME *et al.*, 1985; HAAS y BRUSCA, 1955). Precisamente, LAHAV, BAR y KALMAR (1990) observaron un altísimo nivel de fósforo en las hojas recolectadas durante el crecimiento de primavera, lo que refleja el elevado metabolismo energético de los tejidos en crecimiento.

En cuanto a la distribución del fósforo en el árbol, en la variedad Hass se reparte con relativa homogeneidad a lo largo del árbol, pero son el tronco y semilla las secciones que contienen una menor proporción (SNIJDER y STASSEN, 2000).

2.1.1.3. Potasio

Es un activador de muchas enzimas que intervienen en la fotosíntesis y respiración. Además activa enzimas que forman almidón y proteínas. Contribuye a la presión de turgencia de las células, desempeñando un rol específico en la regulación estomática en las células oclusivas (SALYSBURY y ROSS, 1994).

La mayor proporción del potasio se encuentra en la fruta y semilla, por lo que una gran cantidad es removido en la cosecha. En el resto del árbol, la mayor proporción se concentra en la madera. Ramillas nuevas y hojas contienen similares proporciones (SNIJDER y STASSEN, 2000).

LAHAV, BAREKET y ZAMET (1976) ensayaron la fertilización con nitrato de potasio y sulfato de potasio en paltos cultivados en suelos arcillosos con bajo contenido de potasio y observaron un ligero incremento del tamaño de los árboles como respuesta a altas dosis de potasio de la forma de nitrato de potasio, pero no tras aplicaciones de sulfato de potasio. Los mismos autores no observaron efectos en la producción aunque sí un ligero aumento del calibre en los cvs. Hass, Nabal y Fuerte en los tratamientos sometidos a altas dosis (800 y 1200 kg ha⁻¹ KNO₃ y K₂SO₄). Tampoco encontraron efecto de los tratamientos en el contenido de aceite de las paltas Ettinger y Fuerte.

LAHAV, BAREKET y ZAMET (1976) observaron en el cv. Fuerte una cierta relación antagónica entre el potasio y el cinc que, por otro lado, no fue una relación tan clara para el cv. Hass.

Un incremento de la fertilización con potasio no se ajusta en una función estricta con el potasio foliar (TRACY, 1985; LAHAV, BAREKET y ZAMET, 1976). Coincide con lo observado por CASADO *et al.* (1984) que necesitaron entre cuatro y nueve años para que las aplicaciones de diferentes dosis de potasio afectaran su concentración foliar.

JAIME *et al.* (1985) encontraron en hojas de paltos cv. Hass con niveles de potasio foliar inferior a 0,4% decrecen en el crecimiento vegetativo y producción. Según LAHAV, BAREKET y ZAMET (1976) la fertilización potásica no es recomendada, excepto en los casos en que se verifiquen niveles foliares deficientes para este elemento (menor a 0,75%). NEWETT *et al.* (2001) señalan que la deficiencia de potasio es observable en árboles creciendo en suelos muy livianos y que la producción y crecimiento pueden reducirse sin signos de deficiencia cuando el potasio es bajo (óptimo en suelo: 0,75-1,0 meq/100 g K intercambiable).

Finalmente, la aplicación de altas dosis de potasio cuando éste no es deficiente, puede generar falsas deficiencias de magnesio, ya que este último es antagónico con el potasio (DU PLESSIS y KOEN 1992).

2.1.1.4. Calcio

Es cada vez mayor la información acerca de las múltiples funciones del calcio en los seres vivos. Es esencial para mantener la integridad de las membranas celulares al enlazar los fosfolípidos entre sí como también a proteínas de la membrana; interviene en la cementación de pectatos de calcio de la lamela media; mensajero secundario de la calmodulina que a su vez regula la actividad de muchas enzimas; cofactor de peroxidasas y amilasas; osmorregulador frente al estrés hídrico; división y elongación celular y por ende, crecimiento del tubo polínico (YURI, 1995; WATKINS, 1995; SALYSBURY y ROSS, 1994; FAUST, 1989).

A diferencia del nitrógeno, el calcio aplicado al suelo penetra muy lentamente en el perfil. Sin embargo, resulta improbable que se originen deficiencias por una baja concentración de éste en el suelo, más bien, se puede producir una baja absorción por la fruta en crecimiento por un problema de redistribución en el árbol (RETAMALES, 1995; FAUST, 1989; KIRKBY, 1979).

La cantidad de calcio intercambiable en el suelo no determina la disponibilidad de éste para las plantas, más trascendente resultan el grado de saturación del complejo de cambio, el tipo de coloide y la naturaleza de los otros cationes adsorbidos a la micela. De este modo, una arcilla trilaminar requiere un grado de saturación más alto que una arcilla bilaminar para proveer de cantidades de calcio equivalentes para la planta (KIRKBY, 1979).

El calcio interceptado por las raíces no es capaz de ingresar a la vía simplástica. Su absorción sólo se posibilita en los ápices de raicillas que aún no han formado la zona suberizada de las células de la endodermis, por lo que resulta vital en la absorción del calcio la presencia de raicillas nuevas (ZOCCHI y MIGNANI, 1995; FAUST, 1989).

El calcio se mueve en el árbol a través del torrente xilemático, impulsado por la energía de la transpiración de las hojas y de los puntos de crecimiento. La mayor cantidad de este elemento se concentra en las hojas, mientras que la fruta acumula una muy reducida proporción. Un palto con excesivos crecimientos de ramillas podría acumular el calcio para las ramillas y hojas en detrimento de la fruta que resulta un débil competidor (SNIJDER y STASSEN, 2000; ZOCCHI y MIGNANI, 1995).

En el Anexo 2 se ilustra el ciclo del calcio adaptado para el palto.

El calcio es uno de los minerales más determinantes en la calidad de la fruta (FAUST, 1989).

En la palta se ha observado que la concentración de calcio se relaciona positivamente con la mayor resistencia de las membranas celulares a la degradación, lo que implica una vida de postcosecha más larga. Bajas concentraciones de calcio revelan una considerable desorganización de las paredes celulares (FARRE, HERMOSO y JAIME, 1992; BANGERTH, 1979).

La evolución de la concentración del calcio en la fruta desde cuaja a lo largo de la estación de crecimiento, es descrita por WITNEY, HOFMAN y WOLSTENHOLME (1990) y WITNEY, WOLSTENHOLME y HOFMAN (1986). Un rápido incremento de la concentración de calcio se produce hasta la 6ª semana después de cuaja, seguido de un abrupto descenso conforme la fruta crece, hasta la semana 11ª. La variedad y el vigor del árbol pueden afectar la magnitud del *peak* de acumulación. Un palto vigoroso acumula menos calcio en la fruta que un palto no vigoroso, como también, la variedad Fuerte acumula menos calcio que la variedad Hass.

BOWER (1985) observó un *peak* de absorción en la 7ª semana después de cuaja y propone que este periodo crítico para la acumulación se extiende hasta los dos primeros meses del crecimiento del fruto debido a que en esta etapa la relación superficie/volumen es muy alta, favoreciendo la transpiración y por ende la absorción de calcio.

La concentración de calcio en la fruta varía grandemente según la variedad y el vigor del árbol. WHITNEY, HOFMAN y WOLSTENHOLME (1990) sostienen que para paltos cv. Hass oscila entre 1.650 y 1.300 ppm, para fruta proveniente de árboles no vigorosos y vigorosos, respectivamente. Los mismos autores reportaron 750 y 950 ppm de calcio en fruta proveniente de paltos cv. Fuerte vigorosos y no vigorosos, respectivamente; otros autores para paltos cv. Hass reportan contenidos

de calcio entre 224 y 470 ppm; 180 ppm en paltos cv. Fuerte vigorosos (HOFMAN *et al.*, 2002; THORP *et al.* 1997; CUTTING, WOLSTENHOLME y HARDY, 1992; TINGWA y YOUNG, 1974).

La exposición de la fruta al sol durante su desarrollo en el árbol puede afectar la distribución del calcio en la fruta. Entre 353 hasta 563 ppm de calcio se ha observado en palta cv. Hass creciendo sombreada y asoleada, respectivamente (WOLF *et al.*, 1999).

Dentro de la misma palta también se ha observado una distribución desuniforme del calcio, preferentemente en la zona de mayor concentración de haces vasculares cercano al pedúnculo y menor en el extremo distal (CHAPLIN y SCOTT, 1980).

FAUST (1989) menciona una relación positiva entre la síntesis de auxinas (AIA), en los puntos de crecimiento que favorece la atracción y acumulación del calcio en ellos. En paltos cv. Fuerte se ha observado que cierta proporción del calcio distribuido en las diferentes partes del árbol está determinada por el movimiento basipétalo del AIA. Sumado al efecto de la baja transpiración de la fruta, éstas son pobres exportadoras de AIA y consecuentemente, son más débiles que los crecimientos vegetativos en la absorción del calcio (CUTTING y BOWER, 1989).

La posición de la fruta en el árbol también afecta la distribución del calcio. La fruta que crece asoleada puede alcanzar temperaturas de pulpa de 35 a 45°C fácilmente durante tres o cuatro meses de la temporada de crecimiento, generando altas tasas de transpiración para la fruta. Así se favorece un mayor suministro de calcio, magnesio y potasio, minerales que son traslocados desde la absorción de las raíces por el flujo xilemático (WOLF *et al.*, 1999).

Por otro lado, un estrés hídrico durante las primeras fases de desarrollo de la fruta puede aumentar la incidencia de desórdenes fisiológicos debido a que en cuaja hay

una alta tasa transpiratoria y relación superficie/volumen, que desfavorecería la acumulación de suficiente calcio en la pulpa (ZOCCHI, MIGANI, 1995; BOWER, 1985).

El ión acompañante también tiene una influencia en la absorción del calcio. Deprimen su absorción los cationes NH_4^+ , K^+ y Mg^{2+} , mientras que el anión NO_3^- , seguido del Cl^- y SO_4^{2-} favorecen su absorción (WHILEY, 2002^{*}; KIRKBY, 1979).

2.1.1.5. Boro

Elemento típicamente deficiente en los huertos de paltos. Es clave un cuidadoso control de las aplicaciones para aumentar la producción y mejorar la calidad de la fruta (WOLSTENHOLME, 1999; LAHAV, 1995).

Aplicaciones al suelo de boro en huertos de paltos cv. Hass con niveles de boro foliar entre 18 y 25 ppm, resultaron en aumentar el peso promedio de la palta y en una atenuación del añerismo (SMITH *et al.*, 1997).

La deficiencia también tiene un efecto en adelantar el ablandamiento de la fruta luego de cosechada. Debido a que el 95% del boro total se encuentra en la pared celular, se le atribuye un rol en la preservación de la estructura de las paredes celulares (BONILLA, 2000; SMITH *et al.*, 1997).

La deficiencia de boro durante la cuaja y el desarrollo inicial de la fruta puede resultar en un retardo del crecimiento de la fruta en uno de sus lados, produciendo una inserción lateral del pedúnculo (WHILEY, 2001).

* WHILEY, A. Ing.Agr. Ph.D. 2002. Visita a Empresas Huerto California. Comunicación Personal.

2.1.1.6. Cinc

La deficiencia de cinc en paltos se manifiesta en hojas nuevas que sufren una reducción del tamaño y moteados en la lámina foliar que se caracterizan por un amarillamiento intervenal causado por una síntesis desuniforme de clorofila. En ramillas se observa acortamiento de los internudos, reducción del calibre de la fruta y, en paltas cv. Hass, la fruta adquiere una forma más redondeada. La deficiencia de cinc también puede ser confundida por una deficiencia de hierro, pues la sintomatología visual es similar y puede ocurrir simultáneamente en suelos calcáreos o de pH alcalino (CROWLEY *et al.*, 1996).

Basándose en las observaciones de CROWLEY *et al.* (1996), el sulfato de cinc es el fertilizante inorgánico más eficiente para corregir las deficiencias de cinc, ya sea aplicado directo al suelo bajo el dosel del árbol justo bajo el microchorro, o bien, mediante la disolución en el agua de riego.

El tamaño de la fruta se determina en las primeras siete a ocho semanas siguientes a la cuaja y depende del número de células de cada fruta. En fruta desarrollándose normalmente, cerca de un 80% del total de células son producidas en las primeras ocho semanas de crecimiento. Precisamente, el boro y el cinc no pueden ser deficitarios en este periodo, ya que son esenciales en la división celular (WHILEY, 2001; BONILLA, 2000).

2.1.2. Análisis de suelo

Si bien los nutrientes que absorben las plantas siempre estarán contenidos en la solución del suelo, la información proporcionada por el análisis químico de suelo sólo dice relación con la cantidad total de nutrientes disponibles y no de la cantidad de nutriente absorbido efectivamente por la planta, por lo que la información que

éste proporciona debe interpretarse en complemento con los análisis foliares (LAHAV, 1998).

El nitrógeno disponible en la solución del suelo es sumamente variable de un punto a otro, como también a lo largo del año, puesto que allí no se almacena. Su origen no está relacionado con los procesos de formación del suelo, no así en el caso de otros minerales como el fósforo y el potasio, sino que proviene de los procesos de oxidación de la materia orgánica por parte de bacterias (SILVA, 2001^{*}; PÉREZ, 1993; FARRE, 1992).

2.1.3. Análisis foliar

El estado nutricional del árbol queda reflejado en la concentración de cada nutriente en el tejido foliar, por lo que éste constituye la herramienta más utilizada para evaluar las necesidades nutricionales del palto (LAHAV, 1998; LAHAV, BAR y KALMAR, 1990).

El régimen de fertilización nitrogenada no afecta al contenido foliar de Ca, aunque siempre se observó levemente mayor en árboles fertilizados que en no fertilizados. Un alto contenido de N está seguido de un alto contenido de Mg y Mn (LAHAV, BAR y KALMAR 1990).

Se han establecido rangos de contenido de nutrientes en las hojas para llevar a cabo los ajustes de la fertilización de los huertos año tras año que deben ser calibrados para cada zona. Los rangos sugeridos por los análisis foliares también deberán afinarse con los aspectos de la calidad de fruta (SNIJDER y STASSEN,

^{*} SILVA, B. Ing.Ag. Ph.D. 2001. Profesor Universidad Católica de Valparaíso. Comunicación Personal.

2000). En el Anexo 3 se señalan los estándares foliares considerados normales para el cultivo del palto.

Tanto la edad de la hoja, posición en la ramilla, fructificación, cultivar, tipo de suelo y las prácticas de manejo del huerto pueden afectar las concentraciones foliares de minerales en las hojas muestreadas (LAHAV, BAR y KALMAR, 1990).

El muestreo de hojas para el análisis foliar puede comenzar desde el segundo o tercer año del huerto dependiendo del tamaño que alcancen los árboles. Las hojas a recolectar deben provenir del crecimiento de primavera de ramillas sin fruta y sin crecimiento de verano. El momento de muestreo es al término del flush de verano, lo que sucede entre marzo y abril (SAAGA, 1990; LAHAV, BAR y KALMAR, 1990; EMBLETON y JONES, 1971).

El muestreo de otoño es el más apropiado ya que en esta época las concentraciones de los diferentes nutrientes se estabilizan. Las hojas del crecimiento de primavera se reconocen por estar sobre el anillo de la yema dormante formada entre el último año y el presente año de crecimiento (LAHAV, BAR y KALMAR, 1990).

No se han observado diferencias en el contenido de N, P y K foliar según la ubicación en el lado norte o sur del dosel del palto (CASTILLO *et al.*, 2000; LAHAV, BAR y KALMAR, 1990).

El Zn es muy importante para la nutrición del palto y durante toda la temporada sus concentraciones son muy variables, por lo que el muestreo de otoño no es lo suficientemente confiable (LAHAV, BAR y KALMAR, 1990).

Basado en porcentaje de nitrógeno foliar, ARPAIA y EAKS (1990) observaron que la fruta proveniente de árboles con mayor contenido de nitrógeno, obtuvo también

un mayor contenido de nitrógeno total y N-NH_4^+ y de magnesio en la pulpa. En relación al calcio y potasio de la fruta, no observaron diferencias significativas atribuibles a un incremento de la fertilización nitrogenada.

Respecto al estado nutricional del árbol, el nivel de nitrógeno tiene una mejor correlación con el análisis de los tejidos de la madera que el contenido de nitrógeno arrojado por el análisis foliar (BAR *et al.*, 1997; LAHAV, BAR y KALMAR, 1990).

2.1.4. Fenología del palto y fertilización nitrogenada

El momento crítico de la aplicación aún es desconocido, pero puede estimarse comprendiendo la fenología del árbol (LOVATT, 1996; SAAGA, 1990).

LOVATT (2000b) distinguió dos estados críticos para la fertilización nitrogenada: a) antesis, cuaja de fruta e iniciación del crecimiento vegetativo de las ramillas del ápice indeterminado de la inflorescencia (abril en el hemisferio norte; octubre en el hemisferio sur); b) al final del crecimiento vegetativo de las ramillas, cuando cuatro o más ejes secundarios se observan en el meristema de la inflorescencia (noviembre en el hemisferio norte, abril- mayo en el hemisferio sur).

De este modo, el momento y la cantidad de nitrógeno aplicado son los factores que pueden conducir a un incremento de la producción con un aumento del calibre (CUTTING, 1999).

CASTILLO *et al.* (2000) observaron en paltos Colin V-33 que altos niveles de N en las hojas favorecen la retención de flores y frutas. Al mismo tiempo favorecen la ramificación apical aumentando la fuerza de demanda de la ramilla y desfavoreciendo el crecimiento de las estructuras reproductivas.

SAAGA (1990) y LINDSAY y CULL (1982) observaron que un crecimiento vegetativo muy vigoroso de primavera, inducido por una aplicación de nitrógeno, consume las reservas de carbohidratos en desmedro de la fruta, resultando en una gran caída de ésta, o bien, en una reducción importante de su calibre. Esto no concuerda con LOVATT (1996) quien observó que durante la floración existe una gran competencia entre fruta joven y el crecimiento vegetativo de primavera, período en el cual podría ser favorable el suministro de nitrógeno para la retención de fruta cuajada.

Posteriormente, LOVATT (2000b) verificó que la fertilización nitrogenada de mediados de abril (mediados de octubre para el hemisferio sur) también reduce significativamente la severidad de la alternancia de producciones (índice de añerismo: 71%). Por otro lado, no observó una correlación significativa entre la concentración de nitrógeno foliar y la producción.

Mientras transcurre la floración hay una progresiva competencia con los nuevos brotes en crecimiento, con una baja actividad fotosintética en el árbol cuando las raíces aún están inactivas. De este modo, la competencia por agua y minerales se hace muy intensa. Todos estos factores contribuyen a reducir la cuaja de fruta (LOVATT y SALAZAR, 1994).

Se ha observado una respuesta positiva en California a la aplicación de nitrógeno en el mes de noviembre (otoño en el hemisferio norte) tanto en árboles "on" como en "off". Una fertilización a mediados de abril (primavera en el hemisferio norte) produce un positivo efecto en árboles de baja carga de la temporada anterior (LOVATT, 2000b; LOVATT, 1996).

Para Chile, durante octubre el árbol está en plena flor, para entonces podría aplicarse entre un 20 y un 30% de la dosis de nitrógeno de la temporada, según sea la magnitud de la floración o incluso prescindir de esta aplicación si acaso no ha habido floración. En enero se podría aplicar entre el 30 y 60% del nitrógeno. Ya en otoño, desde fines de abril a inicios de mayo, la dosis a aplicar podría variar entre el

20 y el 40%, según se estime la floración para la próxima temporada (GARDIAZABAL, 2000)*.

SAAGA (1990) propone que la fertilización de los paltos se correlacione con su comportamiento fenológico para corresponder al vigor expresado por el árbol con un programa de nutrición mineral ajustado a las expectativas de cosecha.

Según TAPIA (1993), CALVERT (1993), PALMA (1991) y HERNÁNDEZ (1991) para el comportamiento fenológico de paltos sobre portainjerto mexícolá, estudiado en la zona de Quillota, las aplicaciones de nitrógeno coinciden aproximadamente con los crecimientos de raíces superficiales:

- La fertilización de primavera, fines de octubre, precede al primer *flush* de crecimiento de las raíces que se inicia después de la cuaja, desde noviembre y se extiende hasta marzo, con un *peak* de crecimiento en enero: la fertilización de verano alcanza el *peak* de enero.
- Una fertilización de otoño coincide con el segundo *peak* crecimiento de las raíces superficiales que se inicia en abril, aunque mucho más débil que el crecimiento de verano, y se extiende hasta mayo o junio dependiendo de las temperaturas de suelo, que permaneciendo por encima de 13°C aún permiten crecimiento de raíces.

2.1.5. Estrategias de fertilización

Según CUTTING (1999) los mejores productos fertilizantes deben combinarse y utilizarse según las siguientes consideraciones:

* GARDIAZABAL, F. Ing.Agr. 2000. Profesor Universidad Católica de Valparaíso. Comunicación Personal.

- Usar productos con bajo índice de salinidad para minimizar el daño a las raíces.
- Combinar nitrógeno y fosfato en la misma granulometría para aumentar la absorción del fosfato.
- Mantener una tasa de cationes entre el potasio, magnesio y calcio tanto en suministro como en cantidad (solubilidad).
- Reducir la contaminación de cloruros al mínimo.
- Suministrar dos formas de fosfato, de liberación rápida y lenta, para reducir la fijación del suelo.
- Suministrar dos formas de nitrógeno.
- Reducir las pérdidas por lavado y los antagonismos iónicos usando formas sulfatadas.
- Suministrar calcio para favorecer la absorción de potasio.
- Reducir la acidificación.

Tanto la magnitud de la fertilización, como el momento de aplicación deben ser considerados en la respuesta de la planta y en la dinámica del suelo (LOVATT, 2000b; CUTTING, 1999).

Una alta fijación de potasio en suelos arcillosos, sumado a una alta sensibilidad del palto a los cloruros y la salinidad hacen del nitrato de potasio la forma más

adecuada como fuente de potasio comparado con el cloruro de potasio y el sulfato de potasio (LAHAV, BAREKET y ZAMET, 1976).

La cantidad de fertilizante a aplicar es un asunto muy complejo de determinar por la gran cantidad de interacciones que se presentan en el sistema productivo, dichos factores se pueden expresar como una función entre los requerimientos nutricionales del vegetal, la naturaleza del fertilizante a emplear, fertilidad natural del suelo, interacciones entre el suelo y el fertilizante, método de aplicación y momento de aplicación (SILVA, 2001)*.

2.2. Post cosecha de la palta:

La nutrición mineral tiene un significativo efecto sobre la vida de post cosecha de la fruta y sobre la evolución de la condición de almacenaje, en especial en lo referente al calibre y forma de la fruta, vida de estante, incidencia de desórdenes fisiológicos y susceptibilidad a enfermedades de post cosecha (WHILEY, 2001). Sin embargo, el factor más importante que determina la calidad de la fruta y su comportamiento de post cosecha es la característica genética (GINSBERG, 1985) y también las interacciones entre la variedad y el portainjerto (WHILEY, 2002)*.

Otros factores pueden también determinar la evolución de su condición durante el periodo de almacenaje en frío y vida de anaquel. La calidad de la fruta es función de las interacciones de campo: clima, suelo, vigor de la planta, riego, manejo del riego, fertilización y estado de madurez al momento de cosecha (KRUGER *et al.*, 1999;

* SILVA, B. Ing.Agr. Ph.D. 2001. Profesor Universidad Católica de Valparaíso. Comunicación Personal.

* WHILEY. A. Ing.Agr. Ph.D. 2002. Visita a Empresas Huerto California. Comunicación Personal.

BERGER, 1996; ARPAIA y EAKS, 1990; ARPAIA, 1989; GINSBERG, 1985).

Posterior a la cosecha, la calidad de la fruta ya habrá sido determinada por el cuidado de la fruta durante la cosecha y condiciones de traslado hasta el embalaje (ARPAIA, ONTAY y REINTS, 1992; VAN LELYVELD, 1984).

Puesto que no existen técnicas capaces de mejorar la calidad de la fruta una vez realizada la cosecha, es necesario desarrollar estrategias de manejo a nivel de huerto para proveer al mercado de la fruta con la calidad que éste exige (WHILEY, 2001).

Un aumento de la absorción del calcio en la fruta puede aminorar la incidencia de desórdenes fisiológicos tales como pulpa gris, manchas en la pulpa y pardeamiento vascular (KRUGER, KRITZINGER y MALUMANE, 2000; GINSBERG, 1985).

Un incremento en el contenido de calcio de la fruta en la palta cv. Pinkerton produjo una mejor conservación en almacenaje mientras el calibre de la fruta fuese pequeño, probablemente porque los calibres más grandes diluyen el contenido de calcio (HOFMAN *et al.*, 2002; KRUGER, KRITZINGER y MALUMANE, 2000).

2.2.1. Maduración de la palta

La palta es una fruta que madura solamente cuando se separa del árbol. Una vez cosechada, una alta tasa metabólica culmina con una marcada elevación climatérica de la tasa respiratoria previa al ablandamiento (SCHROEDER, 1958).

El proceso de ablandamiento de la palta durante la maduración está asociado a cambios en los azúcares neutros, pectatos de calcio que conforman la lamela media, hemicelulosa y celulosa. Las enzimas relacionadas con este proceso son las poligalactouronidas y celulasa (BERGER, 1996; COLINAS y YOUNG, 1981).

TINGWA y YOUNG (1974) observaron que paltas cvs. Hass y Fuerte con un contenido de calcio en la pulpa más elevado siempre maduran más tarde que aquellas con menor contenido de calcio (334 ppm *versus*. 224 ppm). Además, la fruta con más alto contenido de calcio produce menos CO₂ y C₂H₄ al climacterio.

WOLF *et al.* (1999) observaron en palta cv. Hass con mayor nivel de calcio en la pulpa consecuencia de la exposición al sol, un retardo en la maduración de 1,5 días comparada con fruta no asoleada y con menos calcio. También HOFMAN *et al.* (2002), en paltas cv. Hass encontraron una fuerte correlación positiva entre el contenido de calcio y días hasta madurez.

Por otra parte, THORP *et al.* (1997) no encontraron evidencia significativa acerca de que la fruta con bajo contenido de calcio madure más pronto, más bien, la velocidad de maduración de la fruta se correlaciona con la madurez al momento de cosecha (porcentaje de materia seca).

2.2.2. Almacenaje en frío

La mayoría de las especies subtropicales son sensibles a sufrir deterioro de su condición cuando son almacenadas a temperaturas entre 0 y 12°C. Dicha merma es conocida internacionalmente como daño por frío (GINSBERG, 1985; CHAPLIN y SCOTT, 1980).

El ablandamiento de la fruta a temperaturas de cámara inapropiadas (sobre 7°C), y la susceptibilidad de la palta a deteriorarse por temperaturas inferiores a 7°C son las principales restricciones de un programa de almacenamiento para paltas de exportación (BEZUIDENHOUT, VORSTER y TOERIEN, 1992; ARPAIA, 1989).

El factor más determinante de la condición de la fruta almacenada es el tiempo a cierta temperatura. Existe un fino balance entre fruta firme y daño externo por frío.

Altas temperaturas de transporte podrían resultar en fruta blanda a la llegada a destino, mientras que temperaturas muy bajas terminan en fruta con daño por frío (BEZUIDENHOUT, VORSTER y TOERIEN, 1992).

La deshidratación es uno de los más importantes factores que lideran el deterioro. Un incremento en la deshidratación resulta en un estrés para la fruta almacenada, entonces se activa la PPO (polifenol oxidasa), ocasionando la aparición de los desórdenes. Una alta humedad relativa en la cámara de frío podría retardar la pérdida de humedad. Los ensayos de postcosecha de paltas deben considerar almacenajes con humedades de cámara no inferiores al 90% para evitar que la deshidratación de la fruta supere de 10%, nivel que no alcanza a comprometer su valor comercial (BERGUER, 1996; BEZUIDENHOUT, VORSTER y TOERIEN, 1992).

El grado de madurez de la fruta (acumulación de materia seca o de aceites), a la cosecha, también hacen variar la sensibilidad de la fruta a sufrir problemas durante el almacenaje (BEZUIDENHOUT, VORSTER y TOERIEN, 1992).

Estos mismos autores proponen disponer la fruta almacenada en cámara de modo de lograr un íntimo contacto entre la fruta y el aire, para lograr un enfriamiento más homogéneo. Para esto, sugieren un embalaje con las siguientes características:

- Buena ventilación de las cajas de cartón que contienen la fruta.
- Configuración de los cartones en *pallet* para favorecer un óptimo flujo de aire.
- Efectiva utilización de aire en la sala refrigerada.
- Uniforme enfriamiento a través del *pallet*.
- Un patrón controlado de flujo de aire.

2.2.3. Desórdenes y pudriciones de postcosecha

Los desórdenes fisiológicos corresponden a manifestaciones en el aspecto de la pulpa o de los haces vasculares que son causados por el almacenaje en frío durante períodos prolongados de tiempo. La magnitud del daño estará en relación con la calidad de la fruta que llegó al programa de almacenaje y las condiciones de almacenaje (GINSBERG, 1985).

Los síntomas del daño por frío son claramente evidentes solamente cuando la fruta ha alcanzado la madurez de consumo, y esto generalmente es tarde para los efectos de comercialización (CORRALES y TLAPA, 1999).

Según THORP *et al.* (1997) el límite para la aparición de síntomas de deficiencia de calcio en post cosecha podría estar entre 250 y 280 ppm.

La edad de la palta llevada al programa de almacenaje también tiene un efecto en la evolución de condición interna. Fruta cosechada tarde en la temporada es más susceptible a sufrir desórdenes durante su periodo de almacenaje, debido a que su contenido de calcio es más bajo comparado con fruta cosechada más temprano (PENTER y STASSEN, 2000; THORP *et al.*, 1997).

Por otro lado, BANGERTH (1979) propone que un alto nivel de calcio en la pulpa incrementa la firmeza de la fruta, retarda el alza respiratoria, extendiendo la vida de la fruta almacenada al reducir las pudriciones de postcosecha.

2.2.3.1. Enfermedades de postcosecha

En un estudio de los hongos que atacan a las paltas en la post cosecha, MARGOSAN y SMILANICK (2000) observaron que de un total de 152 frutas afectadas con *stem end rot*, cosechadas a través de un corte de pedúnculo,

aislaron un 23% de paltas afectadas por *Phomopsis*, 25% por *Dothiorela* y 8% por *Alternaria spp.*

PENTER y STASSEN (2000) reportaron una disminución de la incidencia de la antracnosis en paltas cv. Pinkerton tras aplicaciones tempranas de quelatos de calcio vía foliar (Calcimax®). Del mismo modo, HOFMAN *et al.* (2002) observaron una correlación fuertemente negativa entre el contenido de calcio, magnesio y la razón $(Ca + Mg)/K$ y la incidencia de antracnosis.

Por otro lado, THORP *et al.* (1997) no encontraron una correlación entre el contenido mineral de la fruta y la incidencia de pudriciones de post cosecha.

2.2.3.2. Pardeamiento de pulpa

También llamado pardeamiento interno o decoloración de la pulpa. Se puede producir por una inadecuada ventilación de fruta durante el almacenaje, o bien, a causa de la baja temperatura de cámara (BERGER, 1996).

Muchos desórdenes relacionados con la deficiencia de calcio son atribuidos a fallas en el sistema de membranas celulares. El pardeamiento de pulpa es el resultado de la oxidación de los compuestos fenólicos que estaban en vacuolas y que luego de la pérdida de las membranas son oxidados por la polifenol oxidasa que está presente en el citoplasma (BANGERTH, 1979).

Altos niveles de potasio en el suelo incrementan muy fuertemente la incidencia de pulpa gris en paltas cv. Fuerte. En relación al calcio y magnesio del suelo, al aumentar su concentración la incidencia de la pulpa gris disminuye. Una relación $(Ca + Mg)/K$ del suelo superior a 6,4 podría reducir en menos de 20% la incidencia de pulpa gris (DU PLESSIS y KOEN, 1992).

De manera similar, HOFFMAN *et al.* (2002) reportaron una menor incidencia del pardeamiento de pulpa en paltas cv. Hass cuanto mayor sea el contenido de calcio, magnesio y mayor la razón (Ca + Mg)/K. Alta concentración de fósforo y potasio se correlacionó con una mayor incidencia.

En relación con la fertilización nitrogenada, LOVATT (2000b) observó un ligero aumento del pardeamiento interno de la pulpa asociado a un tratamiento de fertilización con nitrato de amonio distribuido en dos dosis, en agosto y septiembre (febrero y marzo del hemisferio sur) aplicado en un año "on".

2.2.3.3. Manchas en la pulpa

También en la fruta cv. Fuerte se ha observado un efecto del contenido de calcio frente a este desorden. Paltas con manchas en la pulpa tiene mucho menos calcio (69,3 ppm) comparada con fruta de mayor contenido de calcio (GINSBERG, 1985).

El análisis del subsuelo con respecto a la tasa (Ca + Mg)/K, es más confiable para pronosticar la incidencia de manchas en la pulpa en vez del análisis de fruta, foliar o superficie del suelo. Una tasa superior a 6,4 podría ser suficiente par reducir al mínimo la ocurrencia de este desorden (DU PLESSIS y KOEN, 1992).

2.2.3.4. Pardeamiento vascular

En palta cv. Fuerte la combinación entre contenido de potasio del suelo (mayor a 98 mg kg⁻¹) y concentración de potasio foliar (mayor a 1,4%) se correlacionan con una menor incidencia del pardeamiento vascular después del almacenaje en frío (DU PLESSIS y KOEN 1992).

Por otro lado, un aumento del magnesio en la fruta se correlaciona con una mayor incidencia del pardeamiento vascular, precisamente por una baja en la absorción de

potasio. Además, mayor nitrógeno en la pulpa también aumenta la incidencia de este desorden (DU PLESSIS y KOEN 1992).

THORP *et al.* (1997) observaron en paltas cv. Hass que la concentración de calcio de la fruta es el mejor estimador de la incidencia del pardeamiento vascular que tasas entre el calcio, magnesio y potasio de la fruta. De este modo, la fruta con un menor contenido de calcio presenta una menor incidencia del pardeamiento vascular.

3. MATERIAL Y MÉTODO

Para evaluar los objetivos de producción, calibre y desarrollo vegetativo se ha montado un ensayo en un huerto de paltos plantado en cerro, con 70% de pendiente, ubicado en la localidad de Llay Llay, cuyas observaciones continuarán por los próximos cuatro años. Para mejorar la calidad y condición de la fruta, se ha diseñado un segundo ensayo ubicado en la localidad de Cabildo.

En ambas localidades se aplicó nitrógeno, fósforo y potasio, permitiendo cuantificar su efecto en la producción bajo dos condiciones edafoclimáticas diferentes.

Los huertos corresponden a árboles de 3 años de edad de la variedad Hass injertados sobre portainjerto franco de la variedad Mexícola.

3.1. Procedimiento experimental:

El diseño experimental de los dos ensayos corresponde a un diseño de bloques completamente al azar (DBA). Se aplican dos tratamientos, cada tratamiento tiene cuatro bloques.

Para el ensayo de Cabildo los tratamientos son los siguientes:

- **T1:** Programa de fertilización tradicional, con nitrógeno y cinc. Las fechas de aplicación de nitrógeno se detallan en el Anexo 4.
- **T2:** Programa de fertilización propuesto, en base a N, P, K, Ca y Zn. La cantidad anual de nitrógeno fue la misma que el T1 y se detalla en el Anexo 5.

Los dos tratamientos recibieron equivalentes dosis de sulfato de cinc ($74,8 \text{ kg ha}^{-1}$) desde agosto de 2000 a marzo de 2001 a través del sistema de riego. La

fertilización bórica no alcanzó a ser incluida porque su aplicación correspondía hacerla en el momento en que se estaba montando este ensayo (octubre de 2000).

El programa de fertilización propuesto difiere en ambos huertos porque la condición de plantación de paltos en cerro sólo se encuentra en Llay Llay. A su vez, la

fertilización se ajustó según la información nutricional suministrada por el análisis foliar de la temporada 2000 y las expectativas de cosecha para la temporada 2001. La información de cada huerto se analizó en forma independiente. Para el ensayo de Llay Llay, los tratamientos son los siguientes:

- **T1:** Programa de fertilización tradicional, en base a nitrógeno (aplicado como urea), boro y cinc. En el Anexo 6 se detalla el calendario de aplicación de nitrógeno.
- **T2:** Programa de fertilización propuesto, con N, P, K, Ca, Mg, B y Zn. La cantidad anual y la distribución del N fue la misma que el T1 (Anexo 7).

Los tratamientos recibieron equivalentes dosis de sulfato de cinc y ácido bórico:

- Sulfato de cinc: 21,7 kg ha⁻¹ desde agosto de 2000 a marzo de 2001.
- Ácido bórico: 20 g en árboles de 2 m; 40 g en árboles de 3 m de proyección de copa, aplicado en el mes de octubre de 2000.

Para la aplicación de los tratamientos propuestos de ambos predios se utilizaron fertilizantes solubles de la línea Ultrasol® de SOQUIMICH Comercial S.A.

En cada huerto se seleccionaron cuatro repeticiones para cada tratamiento, las cuales estaban compuestas por 13 árboles en Llay Llay y 10 árboles en Cabildo.

3.2. Ensayo Cabildo: fertilización con calcio para mejorar la calidad y condición de la fruta:

3.2.1. Descripción del ensayo

El ensayo fue montado en el Fundo Los Graneros ubicado en Los Molinos s/n, Cabildo, V región, Chile. Pertenece a la sociedad agrícola Los Graneros Ltda.

3.2.1.1. Clima

El régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima del mes de enero de 27,4 °C y una mínima en el mes de julio de 6,1 °C. El periodo libre de heladas es de 339 días, con un promedio de una helada al año. La acumulación térmica, base 10 °C, es de 1.682 grados-día y 612 horas de frío, acumuladas entre los meses de marzo a noviembre. El régimen hídrico presenta una precipitación media anual de 447 mm, siendo junio el mes más lluvioso con una precipitación promedio de 98,7 mm. La evaporación máxima es de 5,6 mm día⁻¹ en el mes de enero y la mínima es en junio con 0,8 mm día⁻¹. La humedad relativa promedio anual es de 77%, siendo enero el mes más bajo con 70% y julio el mes más alto con 85% (SANTIBAÑEZ y URIBE, 1990).

3.2.1.2. Suelo

Se procedió a caracterizar el perfil del suelo del ensayo por medio de la visualización directa a través de una calicata que fue construida en medio del sector destinado al ensayo. De dicha calicata se recogieron muestras de suelo de cada horizonte y fueron derivadas al laboratorio de suelo de la Universidad Católica de Valparaíso para análisis de fertilidad completo y salinidad.

La descripción completa del perfil se encuentra en el Anexo 8. Los análisis de químicos de suelo se detallan en el Anexo 10.

3.2.1.3. Agua

El agua utilizada para el riego, proviene de pozos ubicados al interior del predio. Se tomó una muestra de agua el día 11 de abril de 2001, fue refrigerada y derivada al laboratorio dentro de 48 horas para análisis de salinidad completo.

La muestra fue analizada en el laboratorio de suelos de la Universidad Católica de Valparaíso. El análisis de salinidad del agua se detalla en el Anexo 11.

3.2.1.4. Material vegetal

Los árboles utilizados en el ensayo fueron plantados la primavera del año 1997. Presentan un vigor adecuado para su edad. Alcanzan un promedio de 2,6 m de diámetro y 2,7 m de altura. La densidad de plantación en ambos tratamientos es de 416 plantas por hectárea a 6 x 4 m. Las hileras se orientan en dirección EW.

La cosecha del sector en que se encuentran plantados estos árboles alcanzó un rendimiento promedio de 4.689 kg ha⁻¹ durante la temporada 2000/2001 y para este año se estima una cosecha de 10.000 kg ha⁻¹.

El riego se realiza mediante un sistema presurizado (microaspersores), con un caudal de 24 l h⁻¹

3.2.2. Mediciones para el ensayo de Cabildo

3.2.2.1. Análisis de suelo

Se tomó una muestra de cada repetición, con lo que se completó cuatro muestras por cada tratamiento, al inicio y al final de la aplicación de los tratamientos. Cada

muestra se obtuvo a partir de una mezcla homogénea de suelo, que representa al bloque y que fue tomado bajo la zona de proyección de la copa desde cuatro árboles elegidos al azar dentro de cada repetición. La extracción se realizó con pala y chuzo desde los 10 hasta los 30 cm de profundidad.

La primera fecha de muestreo fue el 25 de octubre de 2000. Ya colectadas las muestras fueron refrigeradas por 24 horas y derivadas al laboratorio de suelo de la Universidad Católica de Chile para ser sometidas a un análisis de fertilidad en pasta de saturación.

Las variables medidas fueron: pH, materia orgánica, conductividad eléctrica, nitrógeno, fósforo, potasio, boro y cinc.

La segunda fecha de muestreo fue el 10 de julio de 2001. Las muestras fueron derivadas al laboratorio de suelo de la Universidad Católica de Valparaíso y se sometieron a un análisis de fertilidad completo según la metodología de Maff (razón suelo/agua: 1/2,5).

Las variables medidas fueron: pH, materia orgánica, conductividad eléctrica, nitrógeno disponible, fósforo disponible, potasio, calcio, magnesio y capacidad de intercambio de cationes (CIC).

3.2.2.2. Análisis foliares

Se obtuvo una muestra de cada repetición, con lo que se completó cuatro muestras por cada tratamiento. Cada muestra se constituyó de 80 hojas colectadas al azar desde todos los árboles de cada repetición. Fueron colectadas al azar el día 15 de marzo de 2001 desde los crecimientos de primavera a partir de ramillas sin fruta y sin crecimiento de verano. Luego fueron refrigeradas y derivadas en 24 horas al Laboratorio Laboquim Terra de Quillota.

Por medio de los análisis, se determinó el contenido mineral, en base a materia seca, de los nutrientes: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, cobre, zinc, manganeso, hierro y boro.

3.2.2.3. Porcentaje de aceite

Se obtuvo una muestra de cada repetición, completando cuatro muestras por cada tratamiento. Cada muestra se constituyó de 10 paltas colectadas al azar desde todos los árboles de cada repetición. El muestreo se inició el 15 de junio y se repitió con frecuencia de dos semanas hasta el día 27 de julio. El último muestreo se colectó el día 14 de septiembre de 2001, día del proceso de la fruta en *packing*, solo a la fruta del calibre 48.

El porcentaje de aceite fue determinado en el laboratorio del Huerto California según la función de regresión lineal ($R^2 = -0,98$) que correlaciona el porcentaje de aceite con el contenido de humedad (ESTEBAN, 1993):

$$\% \text{ de Aceite} = 53,4838 - 0,5767 \times \% \text{ Humedad.}$$

3.2.2.4. Cosecha total

La cosecha se realizó el día 12 de septiembre de 2001. La producción total, expresada en kg ha^{-1} , fue obtenida a partir de la suma de la producción de cada árbol de las respectivas repeticiones de ambos tratamientos. De este modo se registró la producción por árbol, producción por repetición y producción por tratamiento.

La medición de producción por árbol fue medida con una balanza digital de precisión 0,01 kg, nivelada e instalada en la misma parcela del ensayo.

La fruta de cada repetición se vertió en un bins identificado con adhesivos en dos caras para luego ser transportada a la exportadora SAFEX durante el día de cosecha en un camión del ensayo del huerto, no refrigerado.

3.2.2.5. Distribución de calibre

El total de fruta cosechada, fue transportada a las instalaciones de la exportadora SAFEX, ubicada a la altura del km 102 de la carretera Panamericana Norte.

La distribución de calibres para cada repetición, expresados como porcentaje, fue determinada en la línea de proceso de la planta. Los calibres, en base a una caja de 11,2 kg, se detallan en el Cuadro 3.

CUADRO 3. Calibres de paltas cv. Hass para la exportación en caja de 11,2 kg. SAFEX, 2001.

CALIBRE	RANGO DE PESO (g)
Sobre calibre	> 370
32	331-369
36	296-330
40	257-295
48	210-256
60	173-209
70	147-172
84	124-146
Precalibre	< 123

3.2.2.6. Análisis de fruta

Una muestra de fruta del calibre 48 de cada repetición de ambos tratamientos se extrajo después de la clasificación de calibres. La muestra fue refrigerada por 24 horas y derivada al laboratorio de la Universidad Católica de Chile para analizar el contenido total de calcio de la fruta en base a materia seca.

3.2.2.7. Mediciones de postcosecha

Las evaluaciones de post cosecha se realizaron sobre un total de 1.680 frutas del calibre 48, escogidas al azar.

La fruta fue embalada en grupos de 30 frutas en cajas de cartón estándar, del mismo tipo que las utilizadas para la exportación: Siete cajas en total para cada repetición, rotuladas a un costado de la caja. Las cajas dispuestas en un *pallet*, ordenadas en siete pisos correspondientes a las siete fechas de salida de fruta de la cámara, cada piso con ocho cajas, cuatro de cada tratamiento; de este modo, se bloqueó el efecto de la altura en cámara.

El *pallet* fue almacenado en la cámara de frío a 4°C +/- 0,5°C con un 90-95% de humedad relativa. Las observaciones se realizaron en siete fechas a partir del día 20 de almacenaje en cámara refrigerada, que correspondió al día 3 de octubre de 2001. El calendario de observaciones se detalla en el Anexo 12. El *pallet* fue ubicado en el fondo de la cámara, separada de la pared a 0,5 metro de distancia.

En cada fecha de salida de cámara, se retiró una caja de cada repetición y se evaluaron 15 frutos a la salida de cámara y los otros 15 frutos permanecieron en una sala a 20° C +/- 1°C durante cinco días hasta la segunda evaluación post cámara.

Las evaluaciones de post cosecha fueron: resistencia de la pulpa a la presión, porcentaje de color de piel, porcentaje de incidencia de pardeamiento vascular y de pulpa y porcentaje de incidencia de *Colletotricum sp.*

El porcentaje de color de piel correspondió al viraje del color de cubrimiento de la fruta y se evaluó mediante la observación directa de la piel, asignándole un puntaje según una escala de color que va desde 0 a 5. Los rangos son: 0, 0% de color; 1, 1-

20%; 2, 21-40%; 3, 41-60%; 4, 61-80%; 5, 81-100%.

Una vez evaluado el color, se procedió a medir la resistencia de la pulpa a la presión mediante un penetrómetro “Fruti Tester” de émbolo convexo de ocho mm de sección y escala de 0 a 27 libras. Se realizaron dos cortes superficiales a la altura del ecuador de la fruta, en dos zonas opuestas, removiendo sólo la piel. Ambas lecturas de cada corte fueron promediadas. Todas las lecturas de resistencia de la pulpa superiores o iguales a 27 libras se registraron como 27 libras.

La incidencia de *Colletotricum sp.* se determinó por sintomatología visual de la piel descrita por NEWETT *et al.* (2001).

Posterior a las mediciones de resistencia de la pulpa a la presión se procedió a cortar por mitades en el sentido longitudinal a cada fruta para observar directamente la incidencia de desórdenes en la pulpa.

3.3. Ensayo Llay Llay: incremento de la producción a través de fertilización con P y K en paltos plantados en cerro:

3.3.1. Descripción del ensayo

El predio se denomina Fundo Desarrollo Agrario, se ubica en Las Peñas s/n, Llay Llay. Los paltos utilizados para las evaluaciones del ensayo están plantados en ladera de cerro con 70% de pendiente (Figura 1).

3.3.1.1. Clima

El régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima del mes de enero de 28,2 °C y una mínima en el mes de julio de 4,4 °C. El periodo libre de heladas es de 231 días, con un promedio de 11 heladas al año.

La acumulación térmica base 10 °C es de 1.621 grados-día y 1.147 horas de frío, acumuladas entre los meses de marzo a noviembre. El régimen hídrico presenta una precipitación media anual de 419 mm, siendo junio el mes más lluvioso con una precipitación promedio de 92,5 mm. La evaporación máxima es de 6,0 mm día⁻¹ en el mes de enero y la mínima es en junio con 0,8 mm día⁻¹. La humedad relativa promedio anual es de 72%, siendo enero el mes más bajo con 63% y julio el mes más alto con 81% (SANTIBAÑEZ y URIBE, 1990).

3.3.1.2. Suelo

Se realizó un estudio de suelo del mismo modo que en el ensayo de Cabildo. La descripción completa del perfil se encuentra detallada en el Anexo 9. Los análisis químicos del perfil del suelo se encuentran en el Anexo 10.

3.3.1.3. Agua

El agua utilizada para el riego proviene del río Aconcagua, y alcanza al predio a través del canal Lorino.

Se procedió a caracterizar del mismo modo que en el ensayo de Cabildo. El análisis de salinidad del agua se encuentra en el Anexo 11.

3.3.1.4. Material vegetal

Los árboles utilizados en el ensayo, son árboles plantados en la primavera de 1997. Alcanzan en promedio los 2,9 m de diámetro y 3,6 m de altura. La distancia de plantación es de 6 x 6 m en doble densidad, con 555 plantas por hectárea. La cosecha del sector en que se encuentran plantados estos árboles alcanzó un

rendimiento promedio de 3.087 kg ha^{-1} y para este año se estima una cosecha de 8.000 kg ha^{-1} .

El riego se realiza mediante un sistema presurizado (microaspersores), con un caudal de 55 l/h .



FIGURA 1. Ensayo de fertilización de paltos cv. Hass en cerro. Fundo Desarrollo Agrario, Llay Llay, 2001.

3.3.2. Mediciones para el ensayo de Llay Llay

Se realizaron los análisis de suelo, foliar y porcentaje de aceite, del mismo modo que los ya descritos para el ensayo de Cabildo. Además se realizaron mediciones de crecimiento de ramillas y floración.

3.3.2.1. Crecimiento de ramillas

Se evaluó la tasa de crecimiento de las ramillas de cuatro árboles de cada repetición de ambos tratamientos. Cuatro ramillas por árbol fueron marcadas desde cada punto cardinal. Las ramillas correspondieron a las brotaciones del verano de 2000/2001 y otoño de 2001. Las mediciones se iniciaron el día 23 de enero de 2001 y se extendieron hasta el día 14 de junio de 2001. La frecuencia de medición fue cada dos semanas.

Se utilizó un pie de metro de 0,01 cm de precisión para la medición del diámetro basal y una huincha de medir, precisión 0,1 cm para la medición de longitud.

3.3.2.2. Floración

Durante la primavera de 2001, se midió la intensidad de la floración desde que comienzan a abrir las primeras flores hasta que cierran las últimas, esto es, a partir del día 5 de septiembre hasta el 14 de noviembre. Se evaluó mediante una escala de apreciación subjetiva graduada del 0 al 5, que se detalla en el Anexo 13.

3.3.2.3. Cosecha total

Del mismo modo que en el ensayo de Cabildo, la cosecha se realizó el día 27 de septiembre. La fruta fue derivada a las instalaciones de AGRICOM ubicada en la carretera Panamericana Norte, a la altura del kilómetro 45, para ser procesada.

3.3.2.4. Distribución de calibres

Del mismo modo que en el ensayo de Cabildo, pero en las instalaciones de AGRICOM. Los calibres determinados para cada repetición de ambos tratamientos se realizaron en base a una caja de 11,2 kg. Los rangos de peso de cada calibre se detallan en el Cuadro 4.

CUADRO 4. Calibres de paltas cv. Hass para la exportación en caja de 11,2 kg. AGRICOM, 2001.

CALIBRE	Rango de peso (g)
32	331-369
36	296-330
40	252-295
48	205-251
60	173-204
70	147-172
84	124-146
precalibre	< 123

3.4. Análisis de datos:

En este análisis, el interés de obtener mediciones de las variables respuesta recae solamente sobre los niveles del único factor en estudio (tratamiento aplicado). Debido a esto, las inferencias estadísticas con respecto al efecto de este factor corresponden, en forma exclusiva, a los dos niveles seleccionados (T_1 y T_2), por lo tanto, el factor de esta experiencia es de “efecto fijo”.

Debido a que las variables de respuesta floración, color, pardeamiento vascular y de pulpa, se midieron a través de rangos, no cumplen con el supuesto de normalidad de los datos. Por otra parte, los resultados del Test de Kolmogorov – Smirnov obtenidos para la variable de respuesta resistencia de la pulpa a la presión indicaron que estos datos tampoco provienen de una distribución normal. De esta forma, se hizo necesaria la utilización del Test U de Mann Whitney, el cual es equivalente No Paramétrico del Test T-Student.

Para la realización del análisis estadístico se realizó un Análisis de Varianza Unifactorial para las variables que presentan varias observaciones por bloque. El Test de Comparación de Medias T – Student se aplicó en las variables que presentan una observación por bloque.

Para la realización del análisis estadístico se trabajó con el Software Estadístico SPSS versión 6.1, además de la planilla de cálculo MS EXCEL 97.

3.4.1. Modelo matemático

Para las dos localidades del estudio el modelo matemático aplicado es:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + \varepsilon_{ij}$$

- $i = 1, \dots, 2$; tratamientos aplicados;
- $j = 1, \dots, 4$, bloques por tratamiento;

Y_{ij} es la observación obtenida del j-ésimo bloque con la aplicación del i-ésimo tratamiento; μ es la media general, T_i es el efecto causado por el i-ésimo

tratamiento, B_j el efecto del j -ésimo bloque; ε_{ij} es el error experimental aleatorio en el tratamiento (i) y el bloque (j).

3.4.2. Hipótesis nula para el ensayo de Cabildo

H_0 : No existe efecto de la fertilización N, P, K, Ca y Zn sobre la variable respuesta (porcentaje de aceite, cosecha total, distribución de calibre, contenido de calcio, materia seca, resistencia de la pulpa a la presión, pardeamiento de pulpa, pardeamiento vascular, color externo y *Colletotricum sp.*)

3.4.3. Hipótesis nula para el ensayo de Llay Llay

H_0 : No existe efecto de la fertilización con N, P, K, Ca, Mg, B y Zn sobre la variable respuesta (crecimiento de ramillas, porcentaje de aceite, cosecha total, distribución de calibre y floración).

4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Ensayo Cabildo: fertilización con calcio para mejorar la calidad y condición de la fruta:

4.1.1. Análisis de suelo

Debido a que las muestras de suelo tomadas en octubre de 2000 y en julio de 2001 fueron analizadas en laboratorios diferentes, el análisis de los datos se realizó en forma separada para cada fecha entre ambos tratamientos.

Para el análisis realizado en octubre de 2000, que correspondió al análisis de fertilidad en pasta de saturación previo a la aplicación de los tratamientos, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para ninguna de las variables, por lo que el aporte inicial de nutrientes y las características químicas del suelo resultaron similares y se detallan en el Cuadro 5.

CUADRO 5. Resultados del análisis de suelo en pasta de saturación para T1 y T2. Cabildo, octubre 2000.

VARIABLE DE RESPUESTA	T1	T2	SIGNIFICANCIA
pH	7,07	6,57	NS
Materia orgánica (%)	3,88	4,86	NS
Salinidad (mmohs/cm)	0,12	0,17	NS
Nitrógeno (ppm)	18,50	21,25	NS
Fósforo (ppm)	53,75	52,75	NS
Potasio (ppm)	362,25	407,00	NS
Zinc (ppm)	6,29	6,44	NS
Boro (ppm)	0,79	1,07	NS

NS, diferencia no significativa según Test de Comparación de Medias T – Student. ($p < 0,05$).

Sin embargo, el análisis de suelo del segundo muestreo realizado con posterioridad a la aplicación de los tratamientos, en julio de 2001, reveló diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 6).

La aplicación del tratamiento 2 resultó en una salinización significativa de la solución del suelo. El mismo comportamiento se observó para la concentración de nitrógeno nítrico que resultó superior al tratamiento 1.

CUADRO 6. Efecto de los tratamientos en la solución del suelo por metodología Maff para T1 y T2. Cabildo, julio 2001.

VARIABLE DE RESPUESTA	T1	T2	SIGNIFICANCIA
pH	6,56	6,44	NS
Materia orgánica (%)	1,93	2,61	NS
Salinidad (mmhos/cm)	0,21	0,33	S
Nitrógeno N-NO ₃ ⁻ (ppm)	14,33	38,28	S
Fósforo (ppm)	4,29	6,03	NS
Potasio (ppm)	64,51	51,75	NS
Calcio (ppm)	56,80	14,00	S
Magnesio (ppm)	28,83	3,10	S
CIC (meq/100g)	20,35	18,88	NS

S, diferencia significativa; NS, diferencia no significativa según Test de Comparación de Medias T – Student. (p<0,05)

Por otra parte, el tratamiento 1 reveló niveles de magnesio y calcio significativamente superiores que el tratamiento 2.

El ligero aumento de la salinidad del tratamiento 2 se atribuye a la aplicación de los productos fertilizantes. Por un lado, todos los fertilizantes salinizan el suelo, excepto la urea (FERREIRA y SELLES, 1997) y por otro, el aumento de la concentración de nitratos, cuya carga negativa también afecta las propiedades eléctricas de la solución del suelo (PIZARRO, 1996).

La fertilización úrica tiene también un efecto de desalinización de la rizósfera, al suceder la reacción acidificante de transformación de urea a nitrato que favorece el

reemplazo de las bases de cambio por protones en la micela, perdiéndose éstas por lixiviación (RODRIGUEZ, 1982; RUIZ, 1995).

Según EMBLETON (1971), no existen diferencias entre la urea y varias fuentes minerales de nitrógeno, sin embargo, los resultados del análisis de fertilidad de suelo después de la aplicación de los tratamientos, indican una mayor concentración de nitratos en la solución del tratamiento 2 (Cuadro 4), posiblemente atribuibles a la fertilización propuesta, predominantemente nítrica.

Un aumento de nitratos es relevante porque sugiere la ventaja de una inmediata disponibilidad para la absorción de la planta del nitrógeno nítrico, forma preferida para ser absorbida durante el otoño, según ZILKAH *et al.* (2000), en un momento fenológico crítico, justo tras la detención del crecimiento vegetativo, cuando las yemas florales se están formando (LOVATT, 2000b).

La urea, en cambio, requiere de un periodo de nitrificación dependiente de la actividad microbiana, a su vez dependiente de las condiciones ambientales que, hacia el otoño e invierno, hacen más lenta la nitrificación (WILD, 1992), con una consecuente menor eficiencia de la fertilización nitrogenada de otoño.

Al contrario de lo esperado tras la aplicación de nitrato de calcio en primavera y otoño, la concentración de calcio disminuyó significativamente, al igual que la concentración del magnesio. Este fenómeno podría atribuirse a una mayor absorción por la planta, disminuyendo la concentración de los cationes en la rizósfera.

Por un lado, existe un efecto sinérgico a la absorción de cationes como el calcio y magnesio cuando predomina el anión nitrato; por otro lado, deprimen fuertemente su tasa de absorción el predominio amonio, este último presumiblemente en mayor

concentración en el tratamiento 1 (WILD, 1992; FAUST, 1990; FAUST, 1989; KIRBY, 1979).

Los análisis de suelo sólo entregan información de aquello disponible para la planta y no acerca de lo que la planta efectivamente absorbe (LAHAV, 1998). De esta forma, su interpretación se complementa con los análisis foliares.

4.1.2. Análisis foliar

Los resultados del análisis foliar muestran, en general, un estado de nutrición normal. Para ambos tratamientos, el nitrógeno se encuentra ligeramente por encima de lo normal, el boro deficiente y el cobre alto (Anexo 3). Las diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) se observaron en un aumento de la concentración de calcio y una disminución del boro en el tratamiento 2 (Cuadro 7).

CUADRO 7. Efecto de los tratamientos sobre el contenido mineral de las hojas. Cabildo, 2001.

VARIABLE	T1	T2	SIGNIFICANCIA
Nitrógeno (%)	2,48	2,58	NS
Fósforo (%)	0,15	0,15	NS
Potasio (%)	1,07	1,20	NS
Calcio (%)	1,46	1,86	S
Magnesio (%)	0,47	0,41	NS
Cobre (ppm)	19,75	18,25	NS
Zinc (ppm)	38,00	30,25	NS
Manganeso (ppm)	161,50	149,50	NS
Fierro (ppm)	163,50	146,00	NS
Boro (ppm)	19,45	16,92	S

S, diferencia significativa; NS, diferencia no significativa según Test de Comparación de Medias T – Student ($p < 0,05$).

El aumento del nitrógeno nítrico del suelo, señalado anteriormente en los análisis de suelo, no se reflejó en un aumento de la concentración del nitrógeno foliar, ya que el análisis foliar tomado en marzo de 2001 sólo evaluó las hojas provenientes del

crecimiento de primavera que alcanzaron a ser nutridas con la fertilización de primavera y verano (73% del nitrógeno del programa de la temporada, detallado en Anexos 4 y 5). Es probable que la mayor eficiencia de los fertilizantes nítricos no sea importante durante la primavera y verano, ya que la nitrificación de la urea es mucho más rápida en condiciones de alta temperatura (WILD, 1992).

Para lograr un efecto en los niveles foliares de fósforo y potasio se requieren aplicaciones masivas durante varios años. Por otro lado, los niveles de potasio foliar no se ajustan en una estricta función a la intensidad de la fertilización (TRACY, 1985; CASADO *et al.*, 1984; LAHAV, BAREKET y ZAMET, 1976).

El mayor contenido de calcio en las muestras foliares de marzo de 2001, puede atribuirse en primer lugar al nitrato de calcio. Similar efecto observaron EMBLETON *et al.* (1958) luego de fertilizar paltos cv. Hass con nitrato de calcio. Además, el ión nitrato favorece su absorción por la planta (KIRBY, 1979).

Según estudios de la fenología del palto, el primer crecimiento de raíces se inicia después del primer crecimiento vegetativo de primavera, desde finales de diciembre hasta mediados de febrero (TAPIA, 1993; CALVERT, 1993; PALMA, 1991; HERNANDEZ, 1991), precisamente en el momento de la aplicación del nitrato de calcio. Por otro lado, la lenta penetración del calcio en el perfil permitiría una adecuada captación de los ápices de raíces en desarrollo, único sitio de absorción del calcio, durante todo el periodo de crecimiento (RETAMALES, 1995; ZOCCHI y MIGNANI, 1995; KIRBY, 1979).

Por otra parte, los crecimientos vegetativos expresados en la primavera de 2000 posiblemente favorecieron la acumulación de calcio en las hojas, movilizadas a través del torrente transpiratorio, tal como lo observaron SNIJDER y STASSEN, (2000), ZOCCHI y MIGNANI (1995).

Según WHILEY (2001), una aplicación elevada de calcio al suelo puede reducir la absorción de otros nutrientes como el boro. Las 76,5 unidades de CaO aplicados por hectárea durante primavera pueden haber marcado la deficiencia de boro para el tratamiento 2.

El alto contenido de cobre en las muestras foliares se debe principalmente a contaminación del agua de riego que alcanza los cauces desde la alta cordillera. Su origen se atribuye a la actividad minera (GARDIAZABAL, 2002)*.

El boro es un elemento frecuentemente deficiente en los suelos, a su vez, es una de las típicas deficiencias de los huertos de paltos junto con el cinc y el nitrógeno y, consecuentemente, se mostró deficiente por no incluirlo en el programa de fertilización (SMITH *et al.*, 1997; FAUST, 1990).

4.1.3. Porcentaje de aceite

La evolución del porcentaje de aceite en las paltas de los tratamientos 1 y 2 mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) sólo para las fechas 14 de junio y 11 de julio (Cuadro 8).

CUADRO 8. Evolución del contenido de aceite en paltas cv. Hass hasta la cosecha. Cabildo, 2001.

Fecha	T1	T2	Significancia
14/6/01	7,6	8,2	S
29/6/01	8,53	8,47	NS
11/7/01	8,67	9,08	S
27/7/01	9,57	9,29	NS
12/9/01	11,46	11,54	NS

S, diferencia significativa; NS, diferencia no significativa, según Análisis de Varianza ($p < 0,05$).

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

Ambos tratamientos mostraron una evolución creciente del porcentaje de aceite llegando a la fecha de cosecha con casi 11,5% de aceite sin diferencias significativas.

La determinación del porcentaje de aceite para este ensayo, se obtiene mediante una relación inversa con el porcentaje de humedad. Así mismo, el contenido de materia seca aumenta conforme la fruta madura en el árbol (ESTEBAN, 1993).

Como se señala más adelante (Cuadro 10), la fruta del tratamiento 2 obtuvo un nivel de calcio mayor que la fruta del tratamiento 1. TINGWA y YOUNG (1974) infiltraron calcio a paltas cv. Hass y lograron un aumento del porcentaje de materia seca entre el 1 y 2%. WOLF *et al.* (1999) observaron que paltas cv. Hass con mayor contenido de calcio, magnesio y potasio obtiene un contenido de materia seca significativamente más alto que fruta de bajos niveles de estos minerales.

Por otra parte, la síntesis de aceites depende del rompimiento de azúcares de la pulpa y formación de acetatos, culminando con la síntesis de ácidos grasos (CUMMING y SCHRÖEDER, 1942, citados por ESTEBAN, 1993).

Sin embargo, es posible que el muestreo se haya afectado por la alta variabilidad de carga árbol a árbol, que se comenta más adelante (Cuadro 8), ya que la carga frutal condiciona el vigor del árbol, el calibre de la fruta y la disponibilidad de fotosintatos para la fruta.

4.1.4. Cosecha total y distribución de calibre.

No hubo efecto en las variables de respuesta de cosecha total registrados en campo. En el Cuadro 9 se resume la información de los datos para ambos tratamientos.

CUADRO 9. Efecto de los tratamientos sobre las variables de respuesta de cosecha. Cabildo, 2001.

Variable de respuesta	T ₁	T ₂	Desviación estándar		Significancia
			T1	T2	
Número de fruta por árbol	67,11	97,55	63,31	80,65	NS
Kilos de fruta por árbol	15,39	20,55	13,79	15,48	NS

NS, diferencia no significativa, según Análisis de Varianza ($p < 0,05$).

Las producciones de los tratamientos T1 y T2 fueron 6.093 y 8.134 kg ha⁻¹ respectivamente. A pesar de que T2 superó en un 33% la producción de T1, dicha diferencia no resultó significativa ($p < 0,05$). Esto se explica por la gran dispersión de datos al evaluar en los bloques árboles con mucha carga y otros con muy poca. HOFMAN *et al.* (2002) atribuye variaciones productivas por árbol al factor genético, principalmente por el portainjerto franco.

El efecto del portainjerto en el añerismo, se explica por un cierto grado de incompatibilidad en la zona de unión con la variedad. Los flujos de fotosintatos entre la parte aérea y la raíz, después de una temporada de alta producción, se traslocan en cantidad insuficiente lo que se expresa en una pobre floración y cuaja (WHILEY, 2002)*.

Para atenuar el efecto del añerismo, los ensayos de nutrición mineral deben realizarse por más de dos temporadas (EMBLETON y JONES, 1971). Posiblemente un mayor número de árboles por repetición podría haber atenuado la alta dispersión de los datos de cosecha.

El resultado del proceso de la fruta en el *packing* separó la fruta de acuerdo a su calibre y mostró diferencias significativas, en algunos calibres. El tratamiento 1

obtuvo casi un 4% más fruta de los calibres 32 y 40. Un 0,68% más de “sobre-calibre”. Por otra parte, el tratamiento 2 obtuvo casi un 10% más fruta del calibre 60 (Cuadro 10).

CUADRO 10. Distribución de calibre para los tratamientos 1 y 2, expresada en porcentaje de la cosecha total. SAFEX, 2001.

CALIBRE	Rango de peso (g)	T1	T2	SIGNIFICANCIA
Sobre-calibre	> 370	0,68	0,00	S
32	331-369	4,77	1,46	S
36	296-330	6,4	2,39	NS
40	257-295	5,71	1,94	S
48	210-256	66,16	64,66	NS
60	173-209	13,17	23,37	S
70	147-172	1,96	4,28	NS
84	124-146	0,60	0,93	NS
Pre-calibre	< 123	0,55	0,98	NS

S, diferencia significativa, NS, diferencia no significativa según Test de Comparación de Medias T – Student: ($p < 0,05$).

Una disminución de la proporción de fruta de los calibres mayores y un aumento en aquella de un calibre menor puede ser atribuido a la variabilidad árbol a árbol, antes descrita, y en segundo lugar a la nutrición bórica, que no se incluyó en este ensayo y por lo tanto, en ambos tratamientos fue deficiente y significativamente menor en el tratamiento 2.

En fruta desarrollándose normalmente, cerca de un 80% del total de células son producidas en las primeras ocho semanas de crecimiento (WHILEY, 2001). El boro no puede ser deficitario en este periodo, ya que es esencial en la síntesis de ácidos nucleicos y división celular (BONILLA, 2000; SALISBURY y ROSS, 1994).

* WHILEY, A. Ing.Agr. Ph.D. 2002. Visita a empresas Huerto California. Comunicación Personal.

El efecto de la deficiencia de boro en la reducción del peso de la palta cv. Hass también es reportado por SMITH *et al.* (1997).

Por último, las diferencias de calibre observadas no pueden atribuirse a la fuente de nitrógeno utilizada (nitratos) puesto que ambos tratamientos alcanzaron niveles de nitrógeno foliar similares. LOVATT (2000b) concluyó respecto a diferencias de calibre en ensayos de nutrición luego de cuatro años de observaciones acumuladas.

4.1.5. Análisis de fruta

Las muestras colectadas después del proceso de distribución de calibres para ambos tratamientos no mostraron diferencias significativas en el contenido de materia seca. Sin embargo, el contenido de calcio del tratamiento 2 fue significativamente más alto (Cuadro 11).

Este resultado indica que la aplicación del tratamiento 2 fue efectiva sobre la nutrición mineral de la fruta y se relaciona bien con los resultados de los análisis de suelo y foliar que sugerían una mayor absorción de este mineral por la planta.

Entre tanto, el contenido de materia seca no se afectó, lo que resulta consecuente con lo observado en el análisis del contenido de aceite en la misma fecha.

CUADRO 11. Efecto de los tratamientos sobre el contenido de calcio y materia seca para paltas cv. Hass. Cabildo, 2001.

VARIABLE DE RESPUESTA	T1	T2	SIGNIFICANCIA.
Calcio (ppm)	127,4	191,28	S
Materia seca (%)	25,48	25,97	NS

S, diferencia significativa, NS, diferencia no significativa según. Test de Comparación de Medias T – Student ($p < 0,05$).

Los niveles de calcio detectados en ambos tratamientos están muy por debajo de lo reportado por varios autores. WHITNEY, HOFMAN y WOLSTENHOLME (1990) en paltos cv. Hass vigorosos y no vigorosos observaron 1300 y 1650 ppm respectivamente; entre 250 y 500 ppm (HOFMAN *et al.*, 2002); 330 y 470 ppm (THORP *et al.*, 1997); 224 a 334 ppm (TINGWA y YOUNG 1974); 700 ppm es considerado adecuado en palta cv. Fuerte según CUTTING, WOLSTENHOLME y HARDY (1992). Posiblemente el nivel de calcio alcanzado por la fruta sea consecuencia del alto vigor expresado por los paltos como respuesta de la alta fertilización nitrogenada durante la primavera, justo después de la cuaja de la fruta.

El fuerte vigor expresado por los crecimientos vegetativos y altas tasas de transpiración durante la primavera, compitió con el calcio, acumulando la mayor proporción en los puntos de crecimiento vegetativo, en desmedro del calcio conducido vía xilema hacia la fruta, de menor tasa transpiratoria y débil exportadora de auxinas. De esta forma, el vigor del crecimiento vegetativo de primavera es el más crítico en relación a la absorción del calcio. Esto coincide por lo observado por WITNEY, HOFMAN y WOLSTENHOLME (1990), CUTTING y BOWER (1989) y WITNEY, WOLSTENHOLME y HOFMAN (1986).

Posiblemente la fruta absorbió el calcio durante sus primeros estados de desarrollo, conforme a la aplicación de la primera dosis de nitrato de calcio dentro de los primeros dos meses después de la cuaja, momento crítico para la absorción de la fruta (PENTER y STASSEN, 2000; RETAMALES, 1995; WITNEY, HOFMAN y WOLSTENHOLME, 1990; WITNEY, WOLSTENHOLME y HOFMAN, 1986; BOWER, 1985; KIRBY, 1979).

Precisamente, WHILEY (2002)^{*} considera que la magnitud del *peak* de absorción que alcanza la fruta entre la 6^a y la 8^a semana después de cuaja, es determinante en el estatus final de calcio que contendrá la fruta para la postcosecha. A su vez, propone favorecer la acumulación de calcio en la fruta a través de una regulación de la fertilización nitrogenada de primavera, complementada con un importante aporte de calcio un mes antes de floración e incorporar manejos de poda y control del vigor del crecimiento vegetativo con reguladores de crecimiento.

De este modo, es bastante improbable que la aplicación de nitrato de calcio durante el otoño haya contribuido al tenor de calcio que alcanzó la fruta evaluada en la postcosecha, aunque sí pudo contribuir a aumentar la concentración de calcio en la rizósfera para la cuaja de la próxima temporada.

Finalmente, el mayor nivel de calcio revelado en los análisis foliares (Cuadro 6), también se refleja en una mayor nutrición cálcica para la fruta.

4.1.6. Mediciones de postcosecha

4.1.6.1. Resistencia de la pulpa a la presión.

Las diferencias significativas ($p < 0,05$) se verifican en la observación del día 45 y 50 de cámara. En todas las fechas de observación, la fruta del tratamiento 2 mantuvo una resistencia de pulpa más alta que aquella del tratamiento 1 (Figura 2).

Las mediciones de resistencia de la pulpa en fruta recién salida de cámara, en varias oportunidades superaron el máximo del penetrómetro (27 libras). Sin

^{*} WHILEY, A. Ing.Agr. Ph.D. 2002. Visita a Empresas Huerto California. Comunicación Personal.

embargo, para efectos de cálculos estadísticos, todas las observaciones que superaron la escala se registraron como 27 libras. Posiblemente con un penetrómetro de mayor rango, dichas diferencias de lecturas hubiesen sido más acentuadas.

La evolución de la resistencia de la pulpa a la presión en la fruta recién salida de cámara, se explica por el contenido de calcio en la fruta. La fruta del tratamiento 2, con mayor contenido de calcio, mantiene la organización de las paredes celulares por más tiempo. En cambio, la fruta del tratamiento 1 es más sensible al almacenaje en frío, perdiendo con mayor rapidez la integridad de la lamela media como consecuencia de su menor contenido de calcio (WATKINS, 1996; YURI, 1995; SALYSBURY y ROSS, 1994; BANGERTH, 1979).

La evolución de la resistencia de la pulpa de la fruta que permaneció en cámara y que fue evaluada luego de cinco días a 20°C, no mostró diferencias significativas.

El incremento en el contenido de calcio no se reflejó en el periodo de postcámara como un retardo del ablandamiento por maduración. En ambos tratamientos la fruta registró 0 libras durante todas las observaciones. La fruta siempre completó su maduración y nunca fue sensible al penetrómetro. Este comportamiento también fue observado por ARPAIA (1989).

4.1.6.2. Color externo de la fruta

Las evaluaciones del color externo de la fruta se detallan en el Cuadro 12. Éstas revelaron diferencias significativas sólo para la primera fecha de observación en la evaluación a 20°C y la última observación en la evaluación de fruta recién salida de cámara a 4,0°C.

CUADRO 12. Efecto de los tratamientos en la evolución del color externo de palta cv. Hass almacenada en cámara de frío a 4,0°C (+/-0,5°C), evaluada a salida de cámara y posterior período a 20°C (+/-1°C). SAFEX, 2001.

SALIDA DE CÁMARA (4°C)				SALIDA DE CÁMARA (4°C)+ 5 DÍAS (20°C)		
Fecha de observación	T1	T2	Significancia	T1	T2	Significancia
3/10/2001	0	0	NS	-	-	-
8/10/2001	0,02	0,03	NS	4,47	4,77	S
13/10/2001	0,03	0,02	NS	4,95	5,00	NS
18/10/2001	0,15	0,05	NS	5,00	5,00	NS
23/10/2001	0,42	0,38	NS	5,00	5,00	NS
28/10/2001	1,02	0,85	NS	4,95	5,00	NS
2/11/2001	1,85	1,08	S	4,98	5,00	NS
7/11/2001	-	-	-	2,82	3,49	NS

La escala es: 0, 0% de color; 1, 1-20%; 2, 21-40%; 3, 41-60%; 4, 61-80%; 5, 81-100%. S, diferencia significativa, NS, diferencia no significativa según Test U de Mann Whitney ($p < 0,05$).

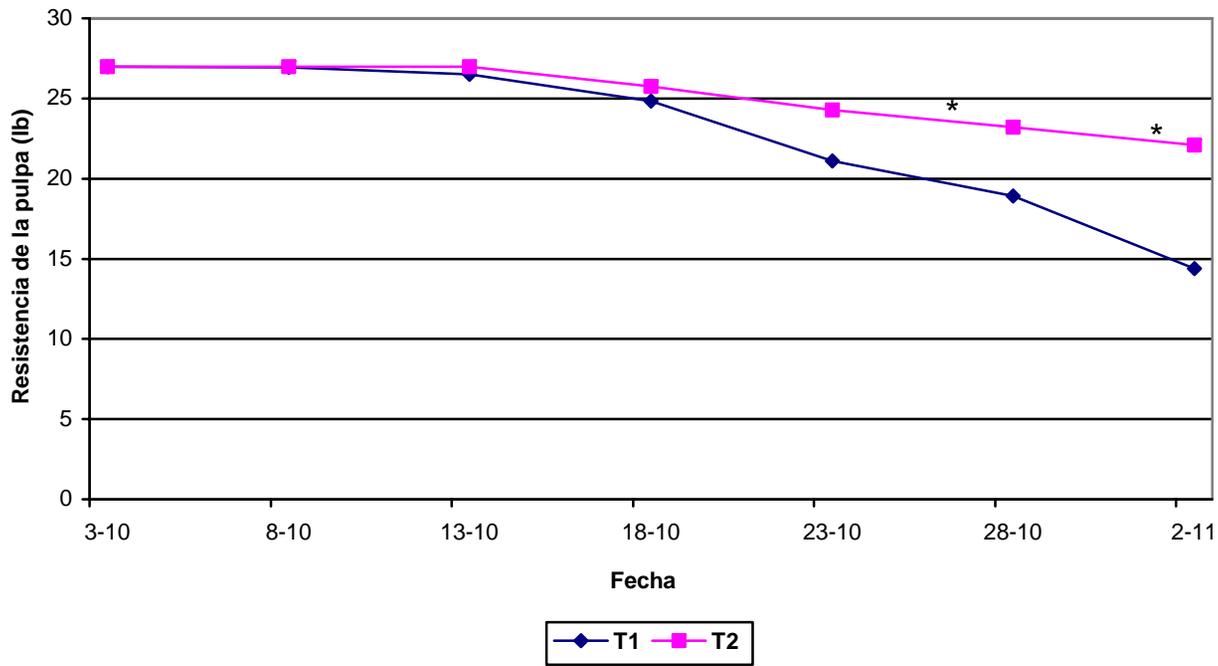


FIGURA 2. Gráfico de evolución de la resistencia de la pulpa a la presión en paltas cv. Hass a la salida de cámara refrigerada ($4^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$; 90-95% HR). *Diferencia significativa. SAFEX, 2001.

El color de cubrimiento es un signo del avance de la senescencia de la fruta (AGUSTÍ, 2000) y si a nivel de cámara dicho cambio es más tenue, sugiere que la fruta con mayor contenido de calcio es capaz de mantener su color verde por más tiempo. Precisamente, debido a que los contenidos de calcio logrados se consideran bajos, su efecto sólo se hizo evidente tras 50 días de almacenaje refrigerado.

La fruta que salió de cámara alcanzó la madurez de consumo después de cinco días a 20°C, como se señaló anteriormente, la pulpa no fue sensible al penetrómetro en ninguna fecha de observación.

Exceptuando el día 8/10/01, no hubo diferencias en el color de cubrimiento. De esta forma, a estos tenores de calcio en la pulpa (menor que 191 ppm), la evolución de la maduración post cámara no es afectada por el contenido de calcio, por ende, dicha diferencia de color en la primera fecha de observación post cámara no se atribuye al contenido de calcio.

Un retardo en la evolución hasta madurez de consumo fue observado por TINGWA y YOUNG (1974) en paltas cv. Hass con 224 ppm de calcio que maduraron en cinco días. A su vez, aquellas con 334 ppm maduraron en 10 días. HOFMAN *et al.* (2002) y WOLF *et al.* (1999) también observaron un retardo de la madurez atribuido al mayor contenido de calcio en la fruta.

4.1.6.3. Pardeamiento vascular

Solo se observó este desorden con posterioridad al periodo de almacenaje, luego de cinco días a 20°C. No se encontraron diferencias significativas entre ambos tratamientos. La incidencia se incrementó en la medida que aumentó el periodo de almacenaje en frío (Cuadro 13).

La incidencia de este desorden en los tratamientos puede explicarse por los niveles de potasio del suelo que, según el análisis en pasta saturada (Cuadro 4), están muy por encima de 98 ppm sugeridos por DU PLESSIS y KOEN (1992) como mínimo para una menor incidencia.

CUADRO 13. Porcentaje de incidencia de pardeamiento vascular después de almacenaje en cámara de frío (4°C) y cinco días a 20°C. SAFEX, 2001.

Fecha de observación	T1	T2	Significancia
8/10/2001	0	0	NS
13/10/2001	0	0	NS
18/10/2001	0	0	NS
23/10/2001	0	3,33	NS
28/10/2001	15,00	5,00	NS
2/11/2001	17,51	18,33	NS
7/11/2001	21,67	35,60	NS

Test U de Mann Whitney: NS, diferencia no significativa ($p < 0,05$).

A diferencia de lo planteado por THORP *et al.* (1997) la palta del tratamiento 2, con mayor contenido de calcio, no presentó una menor incidencia del pardeamiento vascular, posiblemente porque la concentración de calcio en la pulpa observada en ambos tratamientos aún no sea la suficiente para disminuir la incidencia de este desorden.

4.1.6.4. Incidencia de enfermedades

La aparición de manchas negras en la superficie de la piel y que no afectaron a la pulpa de las paltas, se asoció a *Colletotricum sp.*

Si bien la fruta del tratamiento 2 sufrió una menor incidencia porcentual a la salida de la cámara, dicha diferencia no resultó significativa; tampoco hubo diferencias en

las observaciones tras cinco días a 20°C después del periodo de almacenaje en cámara refrigerada (Cuadro 14).

CUADRO 14: Porcentaje de incidencia de *Colletotricum sp.* después de almacenaje refrigerado (4°C) y amacenaje refrigerado más cinco días a 20°C. SAFEX, 2001.

Salida de cámara (4°C)				Salida de cámara (4°C)+ 5 días (20°C)		
Fecha de observación	T1	T2	Significancia	T1	T2	Significancia
3/10/2001	0,00	0,00	NS	-	-	-
8/10/2001	0,00	0,00	NS	0,00	0,00	NS
13/10/2001	0,00	0,00	NS	0,00	0,00	NS
18/10/2001	0,00	0,00	NS	0,00	0,00	NS
23/10/2001	8,33	3,33	NS	0,00	0,00	NS
28/10/2001	8,33	8,57	NS	3,33	2,08	NS
2/11/2001	13,33	1,67	NS	0,00	0,00	NS
7/11/2001	-	-	-	0,00	5,12	NS

Test U de Mann Whitney: S, diferencia significativa, NS, diferencia no significativa (p < 0,05).

Esto concuerda con lo observado por THORP *et al.* (1997), pero se contradice con las observaciones de HOFMAN (2002) y de PENTER y STASEN (2000). Posiblemente esto se deba a una menor presión de campo en las condiciones locales, con estación de primavera seca.

4.1.6.5. Pardeamiento de pulpa

No se observó pardeamiento de pulpa en la palta recién salida de la cámara, excepto en la última fecha de observación, al cabo de 50 días de almacenaje (2/11/01). En el Cuadro 15 se presentan los resultados de evaluación del pardeamiento de pulpa.

CUADRO 15. Efecto de los tratamientos en el porcentaje de incidencia de pardeamiento de pulpa en palta cv. Hass a salida de cámara refrigerada (4°C) entre los días 20° y 50° de almacenaje.

Fecha	T1	T2	Significancia
3/10/2001	0,0	0,0	NS
8/10/2001	0,0	0,0	NS
13/10/2001	0,0	1,67	NS
18/10/2001	0,0	0,0	NS
23/10/2001	0,0	0,0	NS
28/10/2001	1,7	1,7	NS

Test U de Mann Whitney: S, diferencia significativa, NS, diferencia no significativa ($p < 0,05$).

La mayor frecuencia de la observación de este pardeamiento se encontró con posterioridad al periodo de almacenaje en frío, en las observaciones tras cinco días a 20°C, cuando la fruta ya alcanzó la madurez de consumo. La evolución del porcentaje de incidencia se ilustra en la Figura 3.

La evolución de la incidencia del pardeamiento de pulpa de la fruta proveniente del almacenaje por 40 días cámara de frío, resultó en promedio similar para ambos tratamientos. Para las observaciones de la fruta proveniente de 45 y 50 días de cámara, el promedio se hace mayor para la fruta del tratamiento 1. A pesar de las diferencias en la incidencia, éstas no son estadísticamente significativas ($p < 0,05$) porque la desviación estándar se incrementa abruptamente desde el día 30 en adelante.

La incidencia de pardeamiento de pulpa aumenta conforme el almacenaje en cámara se hace más prolongado. De esta forma, cada vez más fruta se ve afectada. La incidencia del pardeamiento tras un periodo de cámara también fue observado por CUTTING, WOLSTENHOLME y HARDY (1992), quienes constataron una mayor incidencia en palta cv. Fuerte cosechada tarde en la temporada, con un nivel de calcio en la pulpa menor.

Posiblemente, el nivel de calcio alcanzado (191 ppm) no fue capaz de atenuar la susceptibilidad al pardeamiento en fruta que maduró cinco días a 20°C después del

almacenaje refrigerado. Esto concuerda con THORP *et al.* (1997) quienes proponen como límite para la aparición de síntomas de deficiencia de calcio en postcosecha entre 250 y 280 ppm de calcio.

El efecto significativo del calcio en la fruta queda sugerido en la observación de la fruta al día 50, en la evaluación a salida de cámara. Un mayor contenido de calcio permite mantener funcional por más tiempo el sistema de transporte selectivo de la membrana celular, como también mantener los tejidos por más tiempo estructurados gracias a la pared celular. Al estabilizar el sistema de membranas, los sustratos fenólicos no son oxidados por la enzima polifenoloxidasas, no manifestándose el pardeamiento posterior (BANGERTH, 1979).

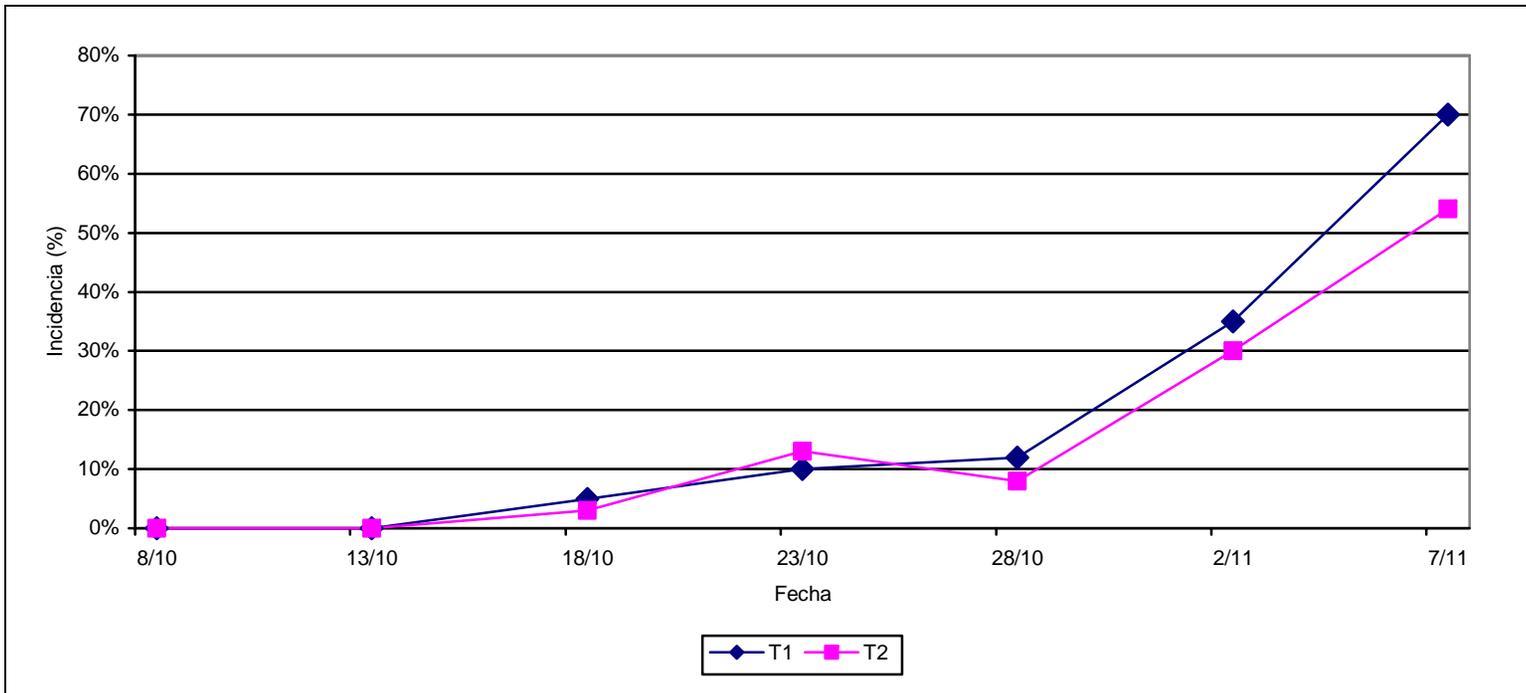


FIGURA 3. Gráfico de evolución de la incidencia de pardeamiento de pulpa en paltas cv. Hass después del período de almacenaje en cámara refrigerada ($4^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$; 90-95% HR) más cinco días a 20°C . Cabildo, 2001.

En todas las observaciones, el pardeamiento se observó en la zona distal de la palta, ilustrado en la Figura 4, y que corresponde a la zona de menor concentración de haces vasculares (WOLF *et al.*, 1999; CHAPLIN y SCOTT, 1980).

4.2. Ensayo Llay Llay: incremento de la producción a través de fertilización con P y K en paltos plantados en cerro:

4.2.1. Análisis de suelo

Debido a que las muestras de suelo tomadas en octubre de 2000 y en julio de 2001 fueron analizadas en laboratorios diferentes, el análisis de los datos se realizó en forma separada para cada fecha entre ambos tratamientos.

Para el muestreo realizado en octubre de 2000, que correspondió al análisis en pasta de saturación previo a la aplicación de los tratamientos, se registró diferencia significativa para el pH que resultó ligeramente más ácido para el suelo del tratamiento 2. En las demás variables no se observaron diferencias significativas, resultando el aporte inicial de nutrientes del suelo y las características químicas del suelo para ambos tratamientos similares (Cuadro 16).

CUADRO 16. Resultados del análisis de suelo en pasta de saturación para T1 y T2 antes de la aplicación de los tratamientos. Llay Llay, octubre 2000.

VARIABLE DE RESPUESTA	T1	T2	SIGNIFICANCIA
pH	7,37	6,93	S
Materia orgánica (%)	1,33	1,33	NS
Salinidad (mmohs/cm)	0,12	0,09	NS
Nitrógeno (ppm)	10,00	13,50	NS
Fósforo (ppm)	16,75	19,00	NS
Potasio (ppm)	124,75	169,25	NS
Zinc (ppm)	10,69	12,31	NS
Boro (ppm)	0,63	0,68	NS

Test de Comparación de Medias T – Student: S, diferencia significativa; NS, diferencia no significativa ($p < 0,05$).

La diferencia del pH encontrada en el suelo del tratamiento 2, no tiene ninguna implicancia desde el punto de vista nutrición mineral, específicamente en relación a la disponibilidad de nutrientes. Ambos suelos corresponden a la clasificación de



FIGURA 2: Pardeamiento de pulpa en paltas cv. Hass tras un periodo de almacenaje de 50 días en cámara refrigerada a 4°C +/- 0,5°C y cinco días a 20°C. SAFEX, 2001.

suelo neutro (PORTA, LÓPEZ y ROQUERO, 1994).

Un comportamiento similar mostró el análisis de suelo después de la aplicación de los tratamientos y se detallan en el Cuadro 17. Sólo el contenido de calcio resultó significativamente más alto en el tratamiento 2.

CUADRO 17. Efecto de los tratamientos en la solución del suelo analizado por metodología Maff para T1 y T2. Llay Llay, julio 2001.

VARIABLE DE RESPUESTA	T1	T2	SIGNIFICANCIA
pH	6,87	6,73	NS
Materia orgánica (%)	1,55	1,52	NS
Salinidad (mmhos/cm)	0,18	0,26	NS
Nitrógeno N-NO ₃ ⁻ (ppm)	3,17	4,16	NS
Fósforo (ppm)	2,36	2,67	NS
Potasio (ppm)	18,10	30,68	NS
Calcio (ppm)	51,04	78,83	S
Magnesio (ppm)	27,82	21,33	NS
CIC (meq/100g)	17,23	15,26	NS

S, diferencia significativa, NS, diferencia no significativa según Test de Comparación de Medias T – Student: (p<0,05).

No se distinguió diferencia en la concentración de nitrógeno nítrico, lo que se explica por un eficiente proceso de nitrificación del nitrógeno amídico proveniente de la urea aplicada en otoño en el tratamiento 1.

El suelo de Llay Llay presenta una condición edáfica favorable, bien estructurado, con bloques firmes, textura franca arcillo arenosa, poros grandes, comunes y alta actividad biológica (Anexo 9). Estas son características físicas y biológicas que favorecen los procesos de la nitrificación de la urea por la acción de la enzima ureasa, presente en la materia orgánica (WILD, 1992; RODRIGUEZ, 1982). Si bien las temperaturas del suelo son progresivamente más bajas hacia el invierno, dichos procesos tardan semanas, pero probablemente alcanzaron a completarse al momento de la toma de muestra.

La fertilización de enero aportó 35,1 unidades de P_2O_5 por hectárea, que no se reflejaron en el análisis de suelo. Según RODRIGUEZ (1982), el fósforo en el suelo es poco soluble y escasamente móvil, concentrándose en los primeros 10-15 cm del perfil edáfico.

Las muestras de suelo se colectaron desde un rango de profundidad entre 10 y 30 cm. Posiblemente la mayor parte del fósforo aplicado no se incluyó en la fracción de suelo colectado en el muestreo, no reflejándose en el análisis de fertilidad después de la aplicación del tratamiento.

La fertilización potásica aportó 182,6 unidades de K_2O por hectárea, aplicado durante enero y mayo de 2001, tampoco fue captada por el análisis de suelo tomado en julio de 2001. Esto se puede entender por la alta movilidad de este catión en la solución del suelo, perdiéndose por lixiviación, a diferencia del calcio, que por ser un catión divalente es menos móvil en el perfil del suelo (HOPKINS, 1999; RETAMALES, 1995; PORTA, LÓPEZ-ACEVEDO y ROQUERO, 1994; DOMINGUEZ, 1993).

4.2.2. Análisis foliar

El resultado del análisis foliar reveló un nivel de nutrición normal para los árboles de ambos tratamientos. Sólo se detectó una ligera deficiencia en el boro. El nivel de cobre fue ligeramente alto para ambos tratamientos y el hierro ligeramente alto para el tratamiento 2 (Anexo 3).

No hubo diferencias significativas entre los tratamientos en las concentraciones foliares de minerales (Cuadro 18).

Según los análisis, el boro está deficiente, sin embargo, GARDIAZABAL (2002)*, considera que el nivel mínimo del rango normal para las condiciones de Chile podría estar cercano a 40 ppm.

CUADRO 18. Efecto de los tratamientos sobre el contenido mineral de las hojas. Llay Llay, 2001.

VARIABLE	T1	T2	SIGNIFICANCIA
Nitrógeno (%)	2,39	2,38	NS
Fósforo (%)	0,16	0,15	NS
Potasio (%)	1,14	1,29	NS
Calcio (%)	1,46	1,57	NS
Magnesio (%)	0,42	0,41	NS
Cobre (ppm)	17,50	18,75	NS
Zinc (ppm)	61,75	75,50	NS
Manganeso (ppm)	363,00	291,25	NS
Fierro (ppm)	194,75	215,25	NS
Boro (ppm)	45,60	47,85	NS

S, diferencia significativa; NS, diferencia no significativa según Test de Comparación de Medias T – Student: ($p < 0,05$).

El aumento del contenido de calcio en el suelo del tratamiento 2, atribuible a la fertilización con nitrato de calcio durante la primavera de 2000, no se reflejó en una mayor absorción por la planta, a diferencia de lo observado por EMBLETON *et al.* (1958) en paltos cv. Hass.

La aplicación de Ultrasol Crecimiento® y nitrato de potasio, en verano y otoño de 2001, respectivamente, aportaron $182,6 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O . Los análisis foliares no fueron sensibles a dicha fertilización del mismo modo como lo observado por TRACY, (1985), CASADO (1984) y LAHAV, BAREKET y ZAMET, (1976).

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

Según los análisis foliares, la fertilización potásica no generó problemas con la absorción de magnesio, como lo sugiere DU PLESSIS y KOEN (1999). Por otra parte, la adición de magnesio (mayo de 2001; 36,6 kg ha⁻¹ de MgO) no alcanzó a ser evaluada en el análisis foliar (marzo de 2001), para el primer año del ensayo. Tampoco se observó un cambio de la concentración de magnesio en el análisis de suelo (julio de 2001).

El contenido de fósforo foliar no aumentó en el tratamiento 2 después de haber incorporado durante el mes de enero 35,1 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Las respuestas a fertilizaciones de fósforo fueron observadas a nivel foliar por CASADO *et al.* (1984) solamente después de seis años de aplicaciones. La respuesta a nivel foliar es esperable cuando el fósforo está deficiente, como lo reportó TRACY (1985).

Por otro lado, WINER, REUVENI y BAR (1998) tampoco observaron incrementos de fósforo foliar después de siete años de fertilización con N y P, pero sí un aumento de la concentración fósforo en las raíces delgadas (menores a 3 mm de diámetro).

La forma de nitrógeno predominante (N-amídico en T1, N-nítrico en T2) no significó diferencias en los estándares foliares del nitrógeno. Esto no implica que la planta haya asimilado el nitrógeno de la urea directamente, o en su fase amoniacal de su conversión a nitrato, sino que los procesos de nitrificación se llevarían a cabo normalmente en los momentos de aplicación de los fertilizantes sin afectar la asimilación del nitrógeno.

4.2.3. Porcentaje de aceite

No hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos. Durante las cinco fechas de muestreo, ambos tratamientos mantuvieron similar evolución del porcentaje de aceite hasta la cosecha (Cuadro 19).

CUADRO 19 Evolución del porcentaje de aceite en paltas cv. Hass de T1 y T2 hasta la fecha de cosecha. Llay Llay, 2001.

Fecha de muestreo	T ₁	T ₂	Significancia
14/6/01	8,67	8,67	NS
29/6/01	8,89	8,95	NS
11/7/01	9,41	9,05	NS
27/7/01	10,06	9,55	NS
27/9/01	12,61	12,06	NS

S, diferencia significativa; NS, diferencia no significativa, según Análisis de Varianza ($p < 0,05$).

Ambos tratamientos se mantuvieron, en general, dentro de los rangos normales de los estándares foliares y tampoco se encontraron mayores diferencias en producción ni en la distribución de calibres (Cuadros 19 y 20), por lo que el vigor expresado por los árboles no afectó los procesos de síntesis de aceites.

4.2.4. Cosecha total y distribución de calibre.

Las producciones de ambos tratamientos fueron muy altas y superaron los 18.000 kg ha⁻¹ (22.053 y 18.903 kg ha⁻¹ en tratamientos 1 y 2 respectivamente). En el Cuadro 20 se resume el análisis de las observaciones de cosecha.

CUADRO 20 Efecto de los tratamientos sobre las variables de respuesta de cosecha. Llay Llay, 2001.

Variable de respuesta	Tratamientos		Desviación estándar		Signifi- cancia
	T ₁	T ₂	T1	T2	
Fruta por árbol	147,48	131,37	68,330	67,305	NS
Kilos por árbol	38,90	33,34	15,771	16,713	NS

NS, diferencia no significativa, según Análisis de Varianza ($p < 0,05$).

La desviación estándar revela una alta variabilidad de carga árbol a árbol dentro de cada tratamiento. EMBLETON y JONES (1971) proponen realizar los ensayos de paltos en fertilización nitrogenada por más de dos temporadas, para también atenuar los efectos del añerismo. También HOFMAN *et al.* (2002) atribuyen un efecto significativo en la variabilidad entre los árboles al factor genético aportado al portainjerto franco.

El análisis de distribución de calibres indica diferencia significativa sólo para el calibre 32, con un 4,3% más de fruta que el tratamiento 2 (Cuadro 21).

Al observar el crecimiento de ramillas, ilustrado en la Figura 5, se puede apreciar que el tratamiento 2 mantiene por más tiempo su crecimiento de verano.

CUADRO 21 Efecto de los tratamientos en la distribución de calibres, expresada en porcentaje de la cosecha total. AGRICOM, 2001.

Calibre	Rango de peso (g)	T1	T2	Significancia
32	331-369	11,36	7,04	S
36	296-330	19,06	16,41	NS
40	252-295	19,37	18,97	NS
50	205-251	37,49	41,74	NS
60	173-204	8,89	10,85	NS
70	147-172	0,91	1,20	NS
84	124-146	2,29	3,11	NS
Pre-calibre	< 123	0,63	0,69	NS

Test de Comparación de Medias T – Student: S, diferencia significativa; NS, diferencia no significativa ($p < 0,05$).

La fruta se nutre principalmente de fotosintatos provenientes directamente desde las hojas (LIU *et al.*, 1999). En hojas nuevas o en desarrollo, la asimilación de CO₂ es negativa o cercana a cero, por lo que nuevos crecimientos dependen del suministro desde las reservas de carbohidratos almacenados, o bien, de la corriente de asimilación de las hojas maduras (LIU, HOFSHI y ARPAIA, 1999). De este modo, una detención anticipada del crecimiento vegetativo en el T1, permitiría proveer de una mayor cantidad de fotoasimilados a la fruta en activo crecimiento, con respecto al T2, afectando el calibre por un efecto de competencia.

LOVATT (2000b) concluyó respecto a diferencias de calibres en ensayos de fertilización, con base a los registros acumulados luego de cuatro años de observaciones.

De esta forma, los resultados obtenidos en la distribución de calibre y producción no son concluyentes, sino preliminares.

4.2.5. Crecimiento de ramillas

Las ramillas de ambos tratamientos iniciaron su crecimiento de verano a partir de una longitud similar, sin diferencias significativas ($p < 0,05$). En la Figura 5 se ilustra la evolución del crecimiento en longitud.

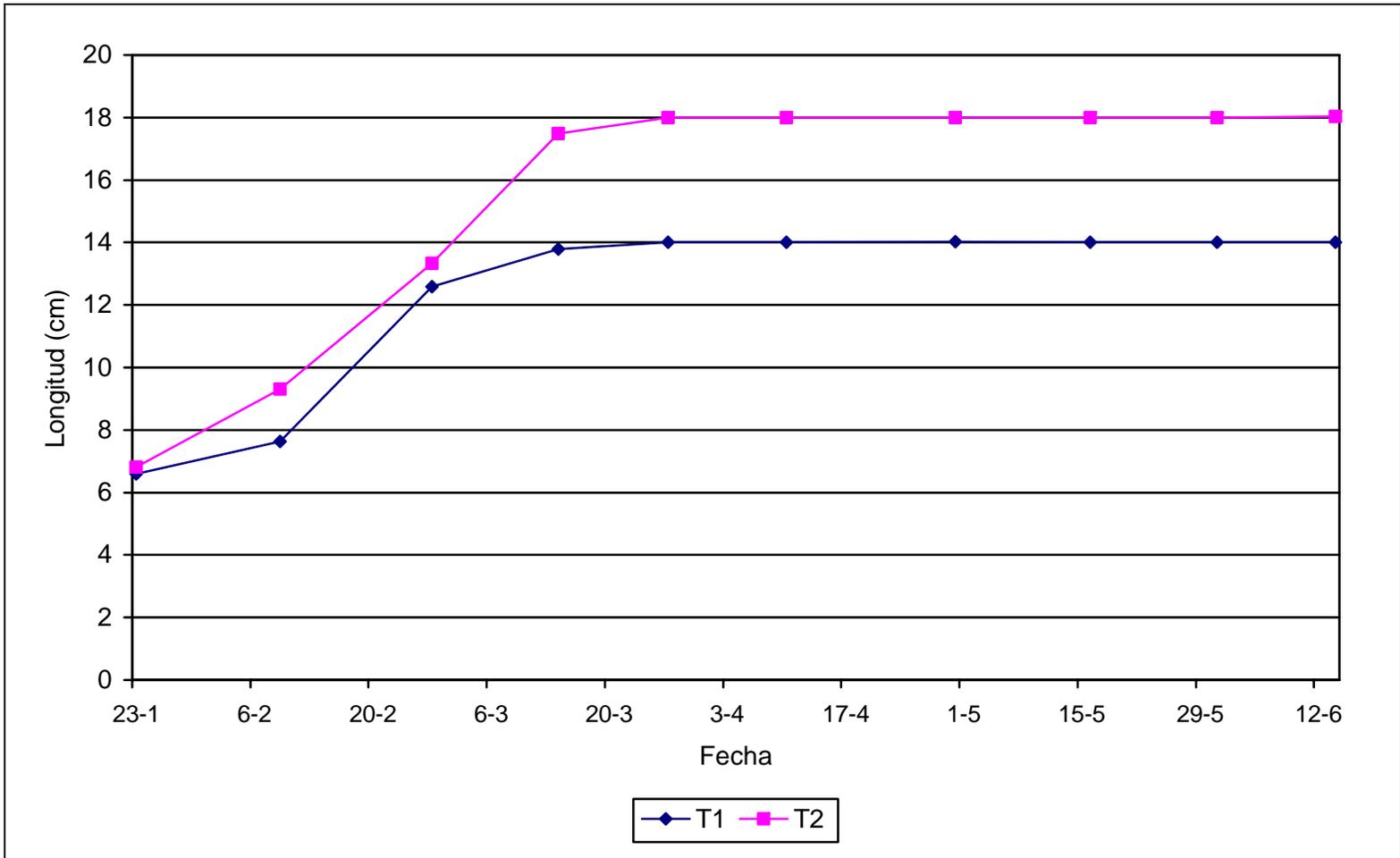


FIGURA 5. Curva de crecimiento de ramillas de palto cv. Hass, para los tratamientos 1 y 2. *Diferencia significativa. Llay Llay, 2001.

Desde la última semana de febrero, sólo las ramillas del tratamiento 2 continúan creciendo hasta el 14 de marzo. A partir de esta fecha se detiene el crecimiento vegetativo.

La mayor longitud fue alcanzada por las ramillas de los árboles del tratamiento 2, con un crecimiento final 23% mayor que aquellas del tratamiento 1. Dicho incremento resultó significativo.

En cuanto al crecimiento de ramillas en diámetro basal, ambos tratamientos se comportaron de un modo similar al crecimiento de longitud. Sin embargo, las ramillas no tenían una sección regular en la base, por lo que dichas mediciones de crecimiento no mostraron un crecimiento numéricamente consistente, aunque sí fueron útiles para comprender la tendencia (Cuadro 22).

CUADRO 22. Efecto de los tratamientos en el crecimiento de ramillas de palto cv. Hass en diámetro basal, expresado en centímetros. Llay Llay, 2001.

Fecha de observación	T ₁	T ₂	Significancia
26/1/01	0,65	0,79	S
13/2/01	0,68	0,68	NS
27/2/01	0,70	0,71	NS
14/3/01	0,68	0,74	S
28/3/01	0,68	0,77	S
10/3/01	0,67	0,74	S
3/5/01	0,64	0,73	S
16/5/01	0,68	0,74	S
1/5/01	0,68	0,76	S
14/5/01	0,68	0,75	S

S, diferencia significativa; NS, diferencia no significativa, según Análisis de Varianza ($p < 0,05$).

El comportamiento del desarrollo vegetativo puede entenderse considerando la nutrición mineral.

La fertilización con fósforo produce un significativo incremento de la ramificación de las raíces y de su materia seca comparada con aquellas de paltos sin fertilización fosforada (WINER, REUVENI y BAR, 1998; WINER *et al.*, 1994). Un efecto similar produce una fertilización con potasio y fósforo (VOGT *et al.*, 1991, citados por WINER, REUVENI y BAR, 1998). Debido a que el crecimiento vegetativo está subordinado al crecimiento de las raíces (TAPIA, 1993; CALVERT, 1993; PALMA, 1991; HERNANDEZ, 1991), posiblemente el incremento de la masa radicular va de la mano con una capacidad superior de mantener el crecimiento vegetativo de verano por más tiempo.

También la forma de nitrógeno nítrica podría influir en el incremento de la longitud de ramillas. Siendo el nitrógeno uno de los principales reguladores del desarrollo vegetativo (MAYER *et al.*, 1990; SAAGA, 1990; LINSDAY y CULL, 1982), sumado a que la fuente de nitrógeno nítrica es la preferida por la planta y ofrece la ventaja de la inmediata disponibilidad para la absorción (ZILKAH *et al.*, 2000) al no requerir de procesos intermedios de nitrificación, como el caso de la urea (WILD, 1992), su aprovechamiento posiblemente es mayor a dosis equivalentes de nitrógeno. El no encontrar diferencias de nitrógeno en el análisis foliar se puede atribuir a un efecto de dilución al aumentar la masa vegetal. De esta forma, es probable que con una fuente de nitrógeno nítrica se puedan alcanzar los mismos niveles de nitrógeno foliar y equivalente desarrollo vegetativo, pero con menor cantidad aplicada.

4.2.6. Floración

La floración expresada en la primavera de 2001 no difirió significativamente para los tratamientos ($p < 0,05$). Los resultados de las observaciones semanales se indican en el Cuadro 23.

Interpretando la escala de floración, se puede observar que las primeras flores abrieron temprano en septiembre y su mayor intensidad no sobrepasó el 20% de

floración de la copa del árbol, desde mediados hasta fines de octubre. El período termina a mediados de noviembre.

La baja intensidad de la floración sugiere que los árboles de ambos tratamientos sufrieron un desgaste considerable después de haber producido más de 18.000 kg ha⁻¹, entrando en un ciclo de baja producción.

CUADRO 23. Efecto de los tratamientos en la evolución del porcentaje de floración de paltos cv. Hass. Llay Llay, 2001.

VARIABLE DE RESPUESTA	T1	T2	SIGNIFICANCIA
5/9/01	0,019	0,000	NS
14/9/01	0,019	0,000	NS
22/9/01	0,135	0,315	NS
28/9/01	0,327	0,365	NS
8/10/01	0,827	0,731	NS
16/10/01	1,019	1,058	NS
29/10/01	1,096	1,039	NS
7/11/01	0,519	0,269	NS
14/11/01	0,019	0,000	NS

La escala es: 0, 0% de copa florecida; 1, 1-20%; 2, 21-40%; 3, 41-60%; 4, 61-80%; 5, 81-100%. S, diferencia significativa; NS, diferencia no significativa, según Análisis de Varianza ($p < 0,05$).

Además, es interesante señalar que el mayor crecimiento vegetativo expresado por el tratamiento 2 no se reflejó en una mayor producción de yemas reproductivas, lo que podría apreciarse en una floración más intensa.

Debido a que los árboles de ambos tratamientos fueron fertilizados con nitrógeno en los mismos momentos fenológicos y que los análisis foliares reflejaron similar asimilación de los nutrientes, no es esperable cambios en el modelo de floración. Las aplicaciones de otoño de nitrógeno actuaron oportunamente sobre la diferenciación de las yemas florales que, durante la primavera de 2001, se expresaron en una floración homogénea en ambos tratamientos.

5. CONCLUSIONES

La fertilización en base a nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, boro y cinc no incrementa la producción de paltos cv. Hass de tres años, luego de una temporada de fertilización, bajo las condiciones edafoclimáticas de Cabildo y Llay Llay. En general, no se afecta la distribución de calibres de la palta, exceptuando algunos calibres grandes.

La fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, boro y cinc aplicados durante una temporada en Llay Llay, incrementa el desarrollo vegetativo de los paltos cv. Hass, aunque esto no se manifiesta en una floración más intensa.

La fertilización de primavera, con nitrato de calcio aplicado por una temporada en Cabildo, aumenta la concentración de calcio de la palta cv. Hass mejora su calidad y condición durante el almacenaje refrigerado, la fruta permanece firme por más tiempo, retardando su viraje de color en cámara y con menor sensibilidad al pardeamiento de la pulpa.

El incremento obtenido en la concentración de calcio de la palta cv. Hass, no afecta la condición de la fruta que madura almacenada a 20°C, después del almacenaje refrigerado.

6. RESUMEN

La fertilización tradicional de paltos en Chile considera la aplicación de N, B y Zn, sin embargo, recientes estudios en suelos de fertilidad media revelan niveles de extracción significativos de potasio y otros minerales. Además se ha observado incremento productivo tras aplicaciones de fósforo que no se reflejan en el análisis foliar. Otros trabajos han mostrado efectos variables. En las condiciones locales no se han realizado estudios para evaluar efectos productivos ni en la calidad de la fruta relacionados con los programas de fertilización.

El presente Taller de Licenciatura desarrolló dos ensayos en dos huertos. El primero, propuesto por cuatro años, corresponde a una plantación de paltos en cerros con 70% de pendiente, ubicado en Llay Llay, para cuantificar el incremento productivo y vegetativo por la fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, boro y cinc. Un segundo ensayo se realizó en un huerto plantado en piedmont en la localidad de Cabildo para evaluar la calidad y condición de la palta por la incorporación del calcio en la fertilización. Ambos ensayos se diseñaron en bloques completamente al azar, comparando la fertilización propuesta con la fertilización tradicional aplicada en cada predio.

En ambos ensayos se realizaron mediciones de análisis de suelo, foliar, porcentaje de aceite, cosecha y distribución de calibre. Además, con la fruta cosechada en Cabildo, se realizaron evaluaciones de postcosecha, tales como mediciones de contenido de calcio en la pulpa, incidencia de desórdenes fisiológicos, incidencia de *Colletotricum sp.*, resistencia de la pulpa a la presión y color externo en cámara de frío y cinco días post cámara. En Llay Llay se midió además, el crecimiento de ramillas e intensidad de floración.

Tras el primer año de ensayo, la fertilización propuesta no genera diferencias productivas, aunque sí una menor proporción de palta cv. Hass de algunos calibres grandes. También incrementa el desarrollo vegetativo del palto, pero esto no se refleja en una floración más intensa.

La fertilización de primavera, con nitrato de calcio, produce un incremento del calcio en los análisis foliares y a la vez, aumenta la concentración de calcio de la palta cv. Hass. Este aumento mejora la calidad y condición durante el almacenaje refrigerado. La pulpa es más firme, la fruta tiende a retardar el viraje de color y a disminuir la incidencia del pardeamiento de la pulpa.

La magnitud de este incremento en el contenido de calcio no afecta la condición de la palta a 20 °C después del almacenaje refrigerado.

7. LITERATURA CITADA

- ARPAIA, M., ONTAY, S., and REINTS, J. 1992. Protecting the postharvest quality of avocado fruit. *California Avocado Society Yearbook* 76:93-97.
- _____. 1989. Avocado fruit quality as influenced by preharvest cultural practices. *California Avocado Society Yearbook* 73:49-52.
- _____, and EAKS, I. 1990. Avocado fruit quality as influenced by preharvest cultural practices. *California Avocado Society Yearbook* 74:35-42.
- AGUSTÍ, M. 2000. Crecimiento y maduración del fruto. In: Azcón, J. y Talón, M. eds. *Fundamentos de fisiología vegetal*. Madrid, McGraw-Hill. pp 419-433.
- BANGERTH, F. 1979. Calcium-related physiological disorders of plants. *Annual Review of Phytopathology* 17: 97-122.
- BAR, Y., LAHAV, E., and KALMAR, D. 1990. Seasonal changes in nitrogen concentration in avocado leaves associated with leaf age and fertilisation regime. *South African Growers' Association Yearbook* 10: 57-58.
- _____, 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(6): 715-731.
- BERGER, H. 1996. Nuevas opciones en el manejo de fruta después de cosecha. In: Razeto, B. y Fichet, T. eds. *Cultivo del palto y perspectivas de mercado*. Santiago, Universidad de Chile Facultad de Agronomía. 123p (Publicaciones Misceláneas Agrícolas N° 45).

BEZUIDENHOUT, J., VORSTER, L., and TOERIEN, J. 1992. Temperature manegement – the basis for succesful export of South African “Fuerte” avocados. In: Proceedings of World Avocado Congress II, University of California, Riverside and California Avocado Society. Orange, april 21-26, 1991 pp 427-423 (vol. 2).

BOWER, J. 1985. The calcium accumulation pattern in avocado fruit as influenced by long-term irrigation regime. South African Avocado Growers' Association Yearbook 8: 97-99.

- BONILLA, I. 2000. Introducción a la nutrición mineral de las plantas. Los elementos minerales. In: Azcón, J. y Talón, M. eds. Fundamentos de fisiología vegetal. Madrid. Mc Graw-Hill. pp 83-97.
- CALVERT, E. 1993. Aproximación al ciclo fenológico del palto (*Persea americana* Mill.) cv. Fuerte, para la zona de Quillota, V región. Taller de Licenciatura. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 128p.
- CAMERON, S., MUELLER, R. and WALLACE, A. 1952. Nutrient composition and seasonal losses of avocado trees. California Avocado Society Yearbook 36: 201-209.
- CASADO, M., FARRE, J., JAIME, S. y HERMOSO, J. 1984. Nutrición en P-K en aguacate. Observaciones de los primeros 9 años. Anales del INIA 246: 47-66 (serie agronómica 246).
- CASTILLO, A., TIRADO, J., RUBI, M. and AVITIA, E. 2000. Seasonal variation in nutrient concentration in leaves and inflorescences of avocado. Journal of Plant Nutrition 23: 663-671.
- COLINAS, L. and YOUNG, R. 1981. The cell wall ripening avocados. California Avocado Society Yearbook 65:113-117.
- CORRALES, J., y TLAPA, R. 1999. Daños por frío y producción de etanol en aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. Hass. Proceeding IV World Avocado Congress. México, 1999. Revista Chapingo Serie Horticultura 5, Número Especial: 345-349.
- CROWLEY, D, SMITH, W., FABER, B., and MANTHEY, J. 1996. Zinc fertilization of avocado trees. Hort Science 31(2):224-229.

- CUTTING, J. 1999. Nutrient balance and nutrient availability as management tools to achieve large fruit size and heavy cropping in mature "Hass" orchards. In: Arpaia M., y Hofshi, R. eds. Proceedings of avocado brainstorming' 99. Riverside 27-28 octubre 1999. pp 27-29.
- _____, and BOWER, J. 1989. The relationship between basipetal auxin transport and calcium allocation in vegetative and reproductive flushes in avocado. *Scientia Horticulturae* 41: 27-34.
- _____, WOLSTENHOLME, B. and HARDY, J. 1992. Increasing relative maturity alters the base mineral and phenolic concentration of avocado fruit. *Journal of Horticultural Science* 67(6): 761-768.
- CHAPLIN, G. and SCOTT, K. 1980. Association of calcium in chilling injury susceptibility of stored avocados. *HortScience* 15(4): 514-515.
- DOMINGUEZ, A. 1993. *Fertirrigación*. Madrid. Mundiprensa. 217p.
- DU PLESSIS, S. and KOEN, T. 1992. Relationship between mineral nutrition and postharvest fruit disorders of "Fuerte" avocados. In: Proceedings of World Avocado Congress II, University of California, Riverside and California Avocado Society. Orange, april 21-26, 1991 pp. 395-402. (vol 2).
- EMBLETON, T. and JONES, W. 1971. Development of nitrogen fertulilizer programs for California Avocados. *California Avocado Society Yearbook* 55:90-96.
- _____, GARBER, M., JONES, W and RICHARDS, S. 1958. Effects of irrigation treatments and rates of nitrogen fertilization on young Hass avocado trees. IV. Macronutrient content of leaves. *Proceedings of American Society for Horticultural Science* 71: 310-319.

- ESTEBAN, P. 1993. Estimación del contenido de aceite a través de la humedad y su relación con la palatabilidad en frutos de paltos de las variedades: Negra de la Cruz, Edranol y Hass desde la última etapa de desarrollo hasta madurez fisiológica. Taller de Licenciatura. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 54p.
- FAUST, M. 1989. Physiology of temperate zone fruit trees. New York, John Wiley & Sons. 337p.
- _____. 1990. La nutrición de los árboles frutales. Hortofruticultura 10: 39-43.
- FARRE, M., HERMOSO, G. y JAIME, S. 1992. La nutrición del aguacate en la Costa del Sol. In: Junta de Andalucía eds. Riego y nutrición del aguacate en el litoral andaluz. Sevilla. Consejería de Agricultura y Pesca. pp 29-52.
- FERREIRA, R. y SELLES, G. 1997. Equipos de riego localizado de alta frecuencia. Santiago, INIA La Platina y ODEPA, Ministerio de Agricultura. 47p. (Serie La Platina N° 66).
- GINSBERG, L. 1985. Postharvest physiological problems of avocados. South African Avocado Growers' Association Yearbook 8: 8-11.
- HAAS, A. and BRUSCA, J. 1955. Phosphate response in avocado trees. California Avocado Society Yearbook 39: 62-66.
- HERNANDEZ, F. 1991. Aproximación al ciclo fenológico del palto (*Persea americana* Mill.), cv. Hass, para la zona de Quillota, V región. Taller de Licenciatura. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 99p.

- HOFMAN, P., VUTHAPANICH, S., WHILEY, A., KLIEBER, A. and SIMONS, D. 2002. Tree yield and fruit minerals concentrations influence 'Hass' avocado fruit quality. *Scientia Horticulturae* 92 (2): 113-123.
- HOPKINS, W. 1999. Introduction to plant physiology. 2^a ed. New York, John & Wiley. 512p.
- JAIME, S., FARRE, J., HERMOSO, J. y AGUILAR, A. 1985. Composición mineral de las hojas de aguacate (*Persea americana* Mill.) en plantaciones comerciales de la provincia de Málaga, España. I. Macroelementos. *Anales de edafología y agrobiología* 9/10: 1465-1475.
- KAFKAFI, U. 1990. Root temperature, concentration and the ratio $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ effect on plant development. *Journal of Plant Nutrition* 13: 1291-1306.
- KIRKBY, E. 1979. Maximizing calcium uptake by plants. *Commun. in Soil Science and Plant Analysis* 10: 89-113.
- KRUGER, F., KRITZINGER, M. and MALUMANE, R. 2000. Recommendations for controlling the postharvest problems for Pinkerton cultivar. *South African Avocado Growers' Association Yearbook* 23: 8-14.
- _____, CLAASSENS, N., KRITZINGER, M. and CLAASSENS, V. 1999. A short review of recent research on the impact of climatic conditions on the postharvest quality of South African export avocados. *Proceeding IV World Avocado Congress. México, 1999. Revista Chapingo Serie Horticultura* 5 Num. Especial: 339-345.
- LAHAV, E., BAR, Y. and KALMAR. 1990. Effect of nitrogenous fertilization on the annual variations in nutrients in avocado leaves. *Soil Science and Plant Analysis* 21: 1353-1365.

- _____. 1998. Avocado nutrition -a review In: Proceedings of World avocado congress III. Israel. October, 1995. pp 143-151.
- _____. and ZAMET, D. 1999. Mineral losses of avocado tree resulting from abscission of flowers, fruitlets and fruits. Proceeding IV World Avocado Congress. México, 1999. Revista Chapingo Serie Horticultura 5 Num. Especial: 101-102.
- _____., BAREKET, and ZAMET, D. 1974. Potassium fertilizer experiment with avocado trees on heavy soils. California Avocado Society Yearbook 60:181-186.
- LEA, P. 1999. Nitrogen metabolism. In: Lea, P and Leegood, R eds. Plant Biochemistry and molecular biology. 2nd ed. Chichester, John Wiley & Sons Inc. pp 163-191.
- LINDSAY, P. and CULL, B. 1982. Fruit growing in warm climates. Adelaida, AH & AW Reed Pty Ltd. 80p.
- LIU, X. ROBINSON, P., MADORE, M., WITNEY, G. and ARPAIA, M. 1999. "Hass" avocado carbohydrate fluctuations. I. Growth and phenology. Journal of the American Society for Horticultural Science 124 (6): 671-675 (solo abstract).
- _____., HOFSHI, R. and ARPAIA, M. 1999. "Hass" avocado leaf growth, abscission, carbon production and fruit set. In: Arpaia M., y Hofshi, R. eds. Proceedings of avocado brainstorming' 99. Riverside. 27-28 octubre 1999. pp 52-55.
- LOVATT, C., 1990. A definitive test to determine whether phosphite fertiization can replace phosphaste fertilization to supply P in the metabolism of "Hass" on "Duke 7". California Avocado Society Yearbook 74:61-64.

- _____. 2000a. Improving fruit set and yield of the "Hass" avocado with potassium phosphate or potassium phosphite applied during bloom. California Avocado Research Symposium. October 14, 2000. pp 91-94.
- _____. 2000b. Nitrogen fertilization strategies to increase yield of "Hass" avocado. California Avocado Research Symposium. October 14, 2000. pp 95-99.
- _____. and SALAZAR, S. 1994. Fruit set and yield of 'Hass' avocado can be increased by shifting the time of bloom or by proper timing of nitrogen fertilization. California Avocado Society Yearbook 78: 179-181.
- _____. 1996. Nitrogen allocation within the 'Hass' avocado. California Avocado Society Yearbook 80: 75-83.
- MARGOSAN, D., and SMILANICK, J. 2000. Fungi isolated After harvest from decayed California avocado fruit. California Avocado Research Symposium. October 14, 2000. pp 101-103.
- NEWETT, S., WHILEY, T., DIROW, J., HOFMAN, P., IRELAND, G., KERNOT, I., LEDGER, S., MCCARTHY, A., MILLER, J., PINESE, B., PEGG, K., SCARLE, C., WAITE, G. and VOCK, N. 3. 2001. Avocado information kit, Agrilink, Horticulture series. Queensland Horticulture Institute, Department of Primary Industries. 288p
- OFICINA DE estudios y políticas agrarias. 2002. Comercio exterior silvoagropecuario, (on line). <http://www.odepa.gob.cl>
- PALMA, A. 1991. Aproximación al ciclo fenológico del palto (*Persea americana* Mill.), cv. Fuerte, Quillota, V región, Chile. 1990 - 1991. Taller de Licenciatura. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 127p.

- PENTER, M., and STASSEN, P. 2000. The effect of pre- and postharvest calcium applications on the postharvest quality of Pinkerton avocados. South African Avocado Growers' Association Yearbook 23:1-7.
- PEREZ, J. 1993. Fertilización nitrogenada en vides (parte I). Aconex 39: 10-14.
- PIZARRO, F. 1996. Riegos localizados de alta frecuencia. 3ª ed. Madrid, Mundi Prensa. 513p.
- PORTA, J., LOPEZ-ACEVEDO, M. y ROQUERO, C. 1994. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Madrid, Mundi Prensa. 807p.
- RETAMALES, J. 1995. Status del calcio en los tejidos vegetales: determinación y efecto de diversas prácticas culturales. In: Yuri, J. y Retamales, J. eds. Symposium internacional: El calcio en la fruticultura. Universidad de Talca, Escuela de Agronomía. Talca 17-18 octubre, 1995. pp. 46-64.
- RODRIGUEZ, F. 1982. Fertilizantes; nutrición vegetal. México, AGT. 157p.
- RUIZ, R. 1995. Calcio: su absorción en el suelo y su disponibilidad por la planta. In: Yuri, J. y Retamales, J. eds. Symposium internacional: El calcio en la fruticultura. Universidad de Talca, Escuela de Agronomía. Talca. 17-18 octubre, 1995. pp 1-17.
- SAAGA. 1990. Fertilization guidelines for high yields and good fruit quality in avocado. South African Avocado Growers' Association Yearbook 13:8-10.
- SALYSBURY, F. y ROSS, C. 1994. Fisiología vegetal. México, Iberoamericana. 4ª ed. 759 p.

- SANCHEZ, P., y RAMIREZ, P. 2000. Fertilización y nutrición del aguacatero. In: Téliz, ed. El aguacate y su manejo integrado. México, Mundi Prensa. Pp. 103-113.
- SANTIBAÑEZ, F. y URIBE, J. 1990. Atlas agroclimático de Chile, regiones V y Metropolitana. Santiago. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 65p.
- SCHROEDER, C. 1958 Growth and development of the avocado fruit. California Avocado Society Yearbook 42: 114-118.
- SILVA, H. y RODRIGUEZ, J. 1995. Fertilización de las plantaciones frutales. Santiago, Pontificia Universidad Católica de Chile. 519p.
- SMITH, T., ASHER, C., STEPHENSON, R. and HETHERINGTON, S. 1997. Boron deficiency of avocado. 2. Effects on fruit size and ripening. In: Bell, R. y Rerkasem, B. eds. Boron in Soils and Plants. Netherlands, Kluwer Academic Publishers. pp. 135-337.
- SNIJDER, B. and STASSEN, P. 2000. Macro nutrient accumulation and requirement of Hass avocado trees. South African Avocado Growers' Association Yearbook 23: 56-62.
- SOLIS, J. BARRIENTOS, A., PEREZ, C., ARRIAGADA, R., MARTÍNEZ, M. y REYES, J. 1996. Efecto de aplicaciones foliares de nitrato de calcio en hoja y mesocarpo de aguacate cv. Hass. In: Memoria-1996. Fundación Salvador Sánchez Colin CICTAMEX, S.C. Coatepec. pp. 23-33.
- TAPIA, P. 1993. Aproximación al ciclo fenológico del palto (*Persea americana* Mill.) cv. Hass, para la zona de Quillota. Taller de Licenciatura. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 141p.

- THORP, T., HUTCHING, D., LOWE., T., and MARSH, K. 1997. Survey of fruit mineral concentrations and postharvest quality of New Zeland grown "Hass" avocado (*Persea americana* Mill). New Zeland Journal of Crop and Horticultural Science 25: 251-260.
- TINGWA, P. and YOUNG, R. 1974. The effect of calcium on the ripening of avocado (*Persea americana* Mill.) fruits. Journal of the American Society for Horticultural Science 99(6): 540-542.
- TRACY, J. 1983. Manganase toxicity in avocado. California Avocado Society Yearbook 67:147-158.
- TRACY, J. 1985. A preliminary report on phosphorus deficiency of Hass avocado. California Avocado Society Yearbook 69:145-1154.
- VAN LELYVELD, L. 1984. Sumary of a report on an investigation into physiological disorders of avocados. California Avocado Society Yearbook 68: 183-185.
- WATKINS, C. 1995. Calcio: rol en la maduración y senescencia de la fruta. In: Yuri, J. y Retamales, J. eds. Symposium internacional: El calcio en la fruticultura. Universidad de Talca, Escuela de Agronomía. Talca. 17-18 octubre, 1995. pp 65-69.
- WHILEY, A. 2001. Adoption of field practices to assist in expanding avocado markets. In: Australian Avocado Growers' Federation eds. Proceedings of the Australian and New Zeland avocado growers' conference "vision 2020". Conferencia en CD. Brislane, session 1/1. 22p.
- _____. 1984. Lauraceae. In: Page, P. ed. Tropical tree fruits for Australia. Queensland Department of Primary Industries. pp 70-77.

WILD, A. 1992. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. 9ª ed. Madrid, Mundi Prensa. 1045p.

- WINER, L., REUVENI, B. and BAR, Y. 1998. Influence of autumn fertilization with nitrogen and phosphorus on activity and development in avocado. In: Proceedings III World avocado congress. Israel. October, 1995. pp 172-180.
- _____, _____, _____, HAAS, J. and ZWIEBEL, I. 1994. Influence of N and P autumn fertilization on avocado root activity and development. *Hassadeh* 74 (10): 92-93 (solo abstract).
- WITNEY, G., WOLSTENHOLME, B and HOFMAN, P. Calcium accumulation in avocado fruits: effect of cultivar and tree vigor. *South African Avocado Growers' Association Yearbook* 9: 35-38.
- _____, HOFMAN, P. and WOLSTENHOLME, B. 1990. Mineral distribution in avocado trees with reference to calcium cycling and fruit quality. *Scientia Horticulturae* 44: 279-291.
- WOLF, A; FERGUSON, I., REQUEJO, T., BOYD, L., LAING, W., and WHITE, A. 1999. Impact of sun exposure on harvest quality of "Hass" avocado fruit. *Proceeding IV World Avocado Congress. Revista Chapingo Serie Horticultura* 5 Num. Especial: México, 1999. pp 352-358.
- WOLSTENHOLME, B. 1999. Aspects of avocado nutrition with emphasis on boron and organic mulching. In: Arpaia M., y Hofshi, R. eds. *Proceedings of avocado brainstorming' 99*. Riverside. 27-28 octubre 1999. pp 37.
- YURI, J. 1995. Aspectos fundamentales de la bioquímica y fisiología del calcio. In: Yuri, J. y Retamales, J. eds *Symposium internacional: El calcio en la fruticultura*. Universidad de Talca, Escuela de Agronomía. Talca. 17-18 octubre, 1995. pp 25-36.

ZILKAH, S., YESELSON, Y., DAVID, I. and KLEIN, I. 2000. Effect of seasonal phenological stage on uptake and distribution of ^{15}N -labeled ammonium and nitrate in young avocado trees. *Acta Horticulturae* 511: 107-113.

ZOCCHI, G., MIGNANI, I. 1995. Calcium physiology and metabolism in fruit trees. *Acta Horticulturae* 383: 15-23.

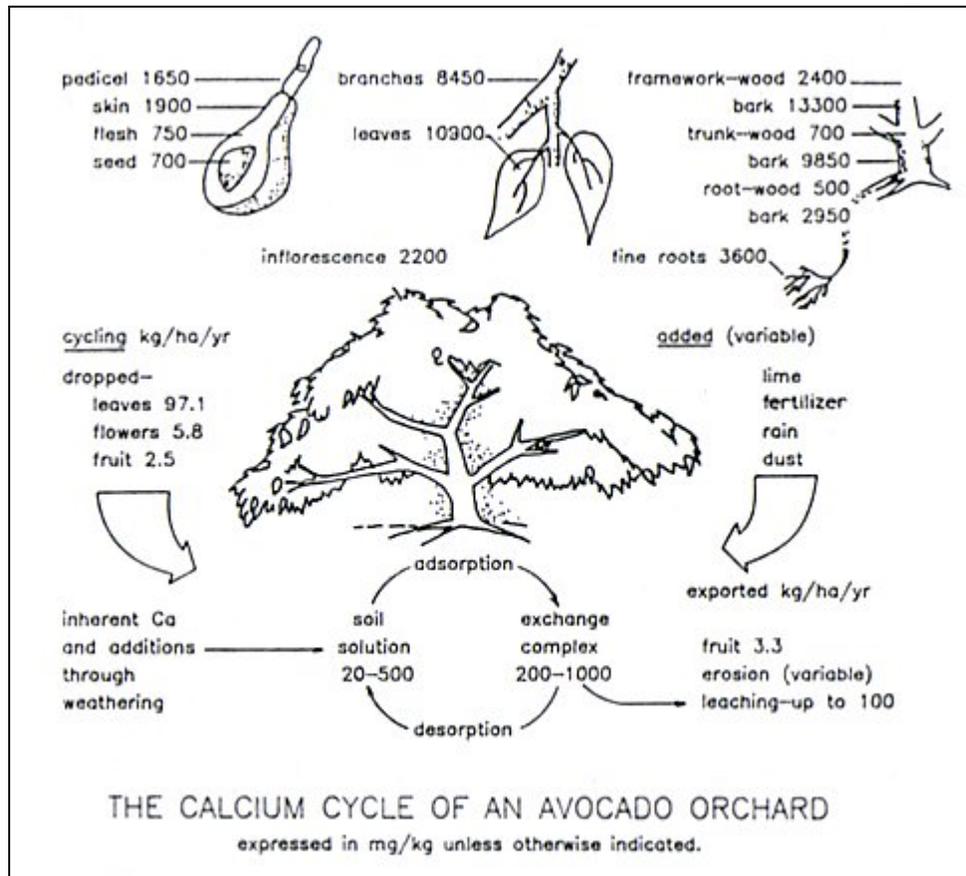
ANEXOS

Anexo 1. Formas químicas de los nutrientes absorbidos por las plantas desde la solución del suelo.

Nutriente	Forma química
N	NO_3^- , NH_4^+
P	H_2PO_4^- , HPO_4^{-2}
K	K^+
Ca	Ca^{+2}
Mg	Mg^{+2}
S	SO_4^{-2}
Fe	Fe^{+2}
Mn	Mn^{+2}
Cu	Cu^{+2}
Zn	Zn^{+2}
Mo	MoO_4^{-2}
B	H_3BO_3 , $\text{B}(\text{OH})_4^-$
Cl	Cl^-

Fuente: SILVA y RODRÍGUEZ, 1995.

Anexo 2. Ciclo del calcio en un huerto de paltos.



Fuente: WITNEY, HOFMAN y WOLSTENHOLME (1990).

Anexo 3. Normas de nutrientes en hojas para análisis foliar de palto.

Elemento (materia seca)	Escasez	Bajo lo normal	Normal	Sobre lo normal	Exceso
Nitrógeno (Hass) %	1,4	1,41-2,19	2,20-2,40	2,41-2,69	2,7
Nitrógeno (Fuerte) %	1,3	1,31-1,69	1,70-2,00	2,01-2,49	2,5
Nitrógeno (otras) %	1,3	1,31-1,89	1,90-2,20	2,21-2,49	2,5
Fósforo %	0,05	0,06-0,07	0,08-0,15	0,16-0,24	0,25
Potasio %	0,35	0,36-0,74	0,75-1,25	1,26-2,24	2,25
Calcio %	0,50	0,51-0,99	1,00-2,00	2,01-2,99	3,00
Magnesio %	0,25	0,15-0,99	0,40-0,8	0,81-0,99	1,00
Sodio %	-	-	0,01-0,06	0,06-0,24	0,25
Azufre %	0,05	0,06-0,19	0,20-0,60	0,61-0,99	1,00
Cloro %	-	-	0,07-0,23	-	0,25
Cobre ppm	3	4	5-15	16-24	25
Hierro ppm	40	41-49	50-150	151-249	250
Manganeso ppm	19	20-49	50-250	251-749	750
Molibdeno ppm	0,01	0,02-0,04	0,05-1,00	-	-
Zinc ppm	20	21-24	25-100	101-299	300
Boro ppm	14	15-49	50-80	81-149	150

Fuente: SAAGA, 1990.

Anexo 4. Programa de fertilización de la temporada 2000-2001 del tratamiento 1 de ensayo de Cabildo.

Fecha de aplicación	Urea ¹ (kg/ha)	N (kg/ha)
29/11/00	31,2	14,3
2/12/00	23,4	10,7
8/01/01	23,4	10,7
11/01/01	46,7	21,5
17/01/01	46,7	21,5
24/01/01	54,5	25,1
4/05/01	29,4	13,5
11/05/01	29,4	13,5
23/05/01	23,4	10,7
TOTAL	308,1	141,7

1) Urea: 46-0-0.

Anexo 5. Programa de fertilización de la temporada 2000-2001 del tratamiento 2 de ensayo de Cabildo.

Fecha de aplicación	Cantidad (kg/ha)	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	CaO (kg/ha)
Nitrato de calcio ¹ (2/12/2001)	294,1	45,6			76,5
Ultrasol crecimiento (20/1/2001)	31,8	7,9	3,2	3,2	
Ultrasol crecimiento ² (24/1/2001)	114,1	28,5	11,4	11,4	
Ultrasol crecimiento (31/1/2001)	87,1	21,8	8,7	8,7	
Nitrato de calcio (4/5/2001)	122,4	19,0			31,8
Nitrato de calcio (11/5/2001)	122,4	19,0			31,8
TOTAL	771,8	141,8	23,3	23,3	140,1

1) Nitrato de calcio: 15,5-0-0 + 26% CaO. 2) Ultrasol Crecimiento®: 25-10-10; 50% N-amoniaco, 50% N-nítrico).

Anexo 6. Programa de fertilización de la temporada 2000-2001 del tratamiento 1 de ensayo de Llay Llay.

Fecha de aplicación	Urea ¹ (kg/ha)	N (kg/ha)
23/10/00	50,0	23,0
29/11/00	50,0	23,0
9/01/01	63,6	29,3
16/01/01	63,6	29,3
23/01/01	62,0	28,5
30/01/01	60,0	27,6
3/05/01	38,8	17,8
8/05/01	53,5	24,6
TOTAL	441,5	203,1

1) Urea 46-0-0.

Anexo 7. Programa de fertilización de la temporada 2000-2001 del tratamiento 2 de ensayo de Llay Llay.

Fecha de aplicación	Producto (kg/ha)	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	CaO (kg/ha)	MgO (kg/ha)
Nitrato de calcio ¹ (29/11/2000)	294,1	45,6			76,5	
Ultrasol crecimiento ² (23/1/2001)	115,0	28,8	11,5	11,5		
Ultrasol crecimiento (26/1/2001)	121,1	30,3	12,1	12,1		
Ultrasol crecimiento (31/1/2001)	115,0	28,8	11,5	11,5		
Ultrasol crecimiento (2/2/2001)	115,6	28,9	11,5	11,5		
Nitrato de potasio ³ (3/5/2001)	194,4	26,3		87,5		
Sulfato de magnesio ⁴ (3/5/2001)	111,1					17,8
Nitrato de potasio (8/5/2001)	107,8	14,6		48,5		
Sulfato de magnesio (8/5/2001)	111,1					18,8
TOTAL	1285,3	203,1	35,1	182,6	76,5	36,6

1) Nitrato de calcio: 15,5-0-0 + 26% CaO. 2) Ultrasol Crecimiento®: 25-10-10; 50% N-amoniaco, 50% N-nítrico. 3) Nitrato de potasio: 13,5-0-45 4) Sulfato de magnesio: 16% MgO).

Anexo 8. Descripción del perfil del suelo del ensayo de Cabildo, 2001.

La superficie está semidesnuda. Suelo cultivado con paltos cv Hass de 3 años. Piedras en la superficie escasas y grandes. Buen drenaje superficial y buen drenaje interno. No hay señales de erosión.



Horizont e	Prof. (cm)	Descripción del perfil
A1	0-3	Pardo muy oscuro (10 YR 2/2) en húmedo. Consistencia muy friable en húmedo. Bloques subangulares de 20 mm, firmes. Textura arcillo-limosa, plástico, no adhesivo. Alta actividad biológica. Piedras 5 a 20 mm angulares, comunes. Poros medios abundantes. Límite lineal, abrupto.
A2	3-47	Pardo oscuro (7,5 YR 3/2) en húmedo. Consistencia friable en húmedo. Bloques subangulares de 10 a 20 mm firmes. Textura franca, plástico, no adhesivo. Piedras angulares de 50 a 200 mm de diámetro, comunes y piedrecillas angulares de 10 a 30 mm comunes. Poros medios y grandes comunes. Raíces finas escasas a comunes. Límite ondulado difuso.
B1	47-95+	Pardo oscuro (10 YR 3/3) en húmedo. Consistencia ligeramente dura en húmedo. Bloques subangulares de 20 a 40 mm. Textura franca, plástica, muy adhesiva. Piedras angulares comunes de 100 a 300 mm y más. Poros medios comunes. Raíces finas escasas.

Anexo 9. Descripción del perfil del suelo del ensayo de Llay Llay, 2001.

Calicata en cerro con 70% de pendiente. Buen drenaje superficial, drenaje interno imperfecto. Superficie cultivada con paltos de 3 años, suelo desnudo con escasas malezas sin erosión hídrica.



Horizonte	Prof (cm)	Descripción del perfil
A	0-40	Pardo muy oscuro (7,5 YR 2,5/3) en húmedo. Consistencia friable en húmedo. Bloques subangulares de 30 a 50 mm firmes. Textura franco arcillo arenosa, ligeramente plástico, muy adhesivo. Poros grandes, comunes. Alta actividad biológica ¹ . Raíces finas muy abundantes. Límite claro, lineal.
B	40-90+	Pardo oscuro (7,5 YR 3/4) en húmedo. Consistencia dura en húmedo. Bloques subangulares de 60 a 100 mm débiles. Textura arcillo arenosa, ligeramente plástico, adhesivo. Poros pequeños, escasos. Raíces finas y medianas escasas. Moteados amarillos de 5 a 10 mm escasos.

¹ Actividad biológica determinada por apreciación subjetiva del grado de efervescencia de agua oxigenada 10%.

Anexo 10. Análisis químico del suelo de Cabildo y Llay Llay.

VARIABLE	CABILDO			LLAY LLAY	
	A1 (0-3cm)	A (0-40)	B (40-90)	A2 (3-47)	B1 (47-95+)
pH	8,28	7,27	6,84	7,37	7,38
CE _s (dS/m)	1,03	1,33	1,65	1,18	0,43
MO (%)	7,30	0,64	0,42	2,10	0,65
N disponible (mg/kg)	15,69	3,92	7,84	19,61	7,84
P disponible (mg/kg)	88,30	16,50	1,77	56,98	67,10
K (mg/kg)	261,44	100,39	88,36	321,56	196,58
Zn (mg/kg)	65,50	37	8,20	2,40	0,81
Mn (mg/kg)	15,80	19,30	15,30	7,02	3,90
Fe (mg/kg)	2,30	2,7	1,66	11,84	6,46
Cu (mg/kg)	2,10	10	4,66	6,60	7,30
Arena (%)	17,9	55,90	45,80	37,90	41,80
Arcilla (%)	40,70	22,70	41,40	24,70	24,70
Limo (%)	41,40	21,40	12,80	37,40	33,50
CIC (cmol/Kg)	24,92	17,90	26,66	21,85	14,84

Fuente: Servicio de análisis de suelo, Facultad de Agronomía, UCV. Abril, 2001.

Anexo 11. Análisis de salinidad de aguas para los ensayos de Cabildo y Llay Llay.

VARIABLE	CABILDO	LLAY LLAY
pH	7,02	7,77
CE (Ds/m)	0,61	0,65
Potasio (mmol+/l)	0,03	0,05
Sodio (mmol+/l)	1,13	0,81
Calcio (mmol+/l)	3,68	4,75
Magnesio (mmol+/l)	1,56	1,25
Carbonatos (mmol+/l)	NSD	NSD
Bicarbonatos (mmol+/l)	4,00	3,30
Sulfatos (mmol+/l)	1,27	2,94
Cloruros (mmol+/l)	0,48	0,58
RAS	0,70	0,47
Clasificación U.S.A.	Salinidad media- sodio medio	Salinidad media- sodio bajo

Fuente: Servicio de análisis de suelo, Facultad de Agronomía, UCV. Abril, 2001.

Anexo 12. Calendario de observaciones de fruta tratada en cámara y posterior período a temperatura ambiente para el ensayo de Cabildo.

TIPO DE MEDICIÓN EN CÁMARA	FECHA
20 días 4,0°C	03-10-01
25 días 4,0°C	08-10-01
30 días 4,0°C	13-10-01
35 días 4,0°C	18-10-01
40 días 4,0°C	23-10-01
45 días 4,0°C	28-10-01
50 días 4,0°C	02-10-01
20 días 4,0°C + 5 días 20°C	08-10-01
25 días 4,0°C + 5 días 20°C	13-10-01
30 días 4,0°C + 5 días 20°C	18-10-01
35 días 4,0°C + 5 días 20°C	23-10-01
40 días 4,0°C+ 5 días 20°C	28-10-01
45 días 4,0°C+ 5 días 20°C	02-10-01
50 días 4,0°C + 5 días 20°C	07-11-01

Anexo 13. Escala de Floración utilizada para las mediciones de intensidad de floración en ensayo de Llay Llay.

GRADO EN LA ESCALA	% DE LA COPA FLORECIDA
1	0 – 20% de la copa florecida
2	21 – 40% de la copa florecida
3	41 – 60% de la copa florecida
4	61 – 80% de la copa florecida
5	81 – 100% de la copa florecida