

Principales Factores que Determinan una Alta Producción y Calibre en Paltos

Francisco Gardiazabal I.

Ingeniero Agrónomo

Sociedad Gardiazabal y Magdahl Ltda. (GAMA)

Los principales factores para tener una alta producción y buenos calibres en Paltos Hass son los siguientes:

1. Riego
2. Nutrición
3. Distancia de Plantación
4. Poda
5. Reguladores de Crecimiento
6. Anillado
7. Sanidad Radicular
8. Floración y Polinización

1. Riego:

El Palto es originario de regiones subtropicales húmedas (razas mexicana y guatemalteca) y de regiones tropicales (raza antillana); en las regiones subtropicales el clima corresponde a veranos húmedos, seguidos de inviernos secos, justo lo contrario de lo que sucede en nuestro país.

Uno de los principales problemas, es el desconocimiento real de las necesidades hídricas sobre el rendimiento, particularmente en el caso del palto, especie muy sensible tanto al déficit como al exceso de agua. Por su parte el manejo del riego en los huertos de paltos es responsable directo del crecimiento y desarrollo de los árboles, como de la productividad y calidad de la fruta cosechada.

Características Generales del Palto

□ Sistema radicular:

El sistema radicular del palto es imperfecto en cuanto a la absorción del agua. A pesar que puede extenderse hasta los 120 – 150 cm. de profundidad, la mayor cantidad de raíces absorbentes están ubicadas entre los 0 a 60 cm. dependiendo del tipo de suelo en que se esté cultivando; las raíces se dividen en ramificaciones las cuales van asumiendo posiciones laterales. Estas laterales primarias se dividen en su mayoría bifurcándose en laterales secundarias, las cuales, a su vez, se vuelven a dividir, pero en ángulos más abiertos. Este sistema de ramificación desarrolla gran abundancia de raicillas. El color de las nuevas raíces activas es blanco.

Esta estructura radicular superficial, está extensamente suberizada y es relativamente ineficiente en la absorción de agua, que puede tener como consecuencia pérdida de frutos durante las etapas críticas del desarrollo, como la floración y posterior crecimiento de este. En la etapa de floración, aumenta el área superficial efectiva que contribuye a la pérdida de agua por parte del árbol, factor

que se une a un mayor estrés ambiental existente durante la primavera. En la segunda caída de fruta, que en Chile ocurre a fines de marzo y durante todo el mes de abril para la zona de Quillota, riegos eficientes anteriores a este fenómeno, aminora el impacto del ajuste de la carga en el rendimiento final.

Los paltos absorben hasta el 95% del agua en los primeros 60 cm. del suelo, cuando las texturas son finas. Debido a la mayor distribución superficial de las raíces absorbentes por debajo de la cubierta de hojas, se sugiere que el sistema de riego usado debiera cubrir entre un 50 y 70% de la superficie de la proyección de la canopia. CANTUARIAS en 1995, observó efectos positivos sobre el estatus hídrico del palto durante períodos de alta demanda evapotranspirativa, al ampliar la zona humedecida del suelo de un 25% a un 76%.

Para tener un sistema radicular vigoroso, bien ramificados y con una alta proporción de raíces finas hay que ubicar la plantación en suelos bien aireados, bajo estas condiciones las raíces menores a 2 mm pueden corresponder a un 40% del total del volumen o peso de raíces.

Según el Investigador del INIA La Cruz, Raúl Ferreira, el principal motivo de la baja productividad del palto en Chile se debe a problemas de asfixia radicular, ya que gran parte de las plantaciones se han realizado en suelos con alta densidad aparente (1,3 a 1,4 g/cc) y baja macroporosidad (alrededor del 15%), si se lo compara con los paltos cultivados en México, donde la densidad aparente va entre 0,6 y 0,8 cc/g y con una macroporosidad alta del 45%.

□ **Cosecha**

En California, Israel y otros países se ha demostrado que sólo ha sido posible inducir floración en paltos usando bajas temperaturas, y no déficit hídricos. En paltos la aplicación de este estrés de agua, genera por acumulación de amonio, quemaduras de hojas y muerte de brotes. El estrés hídrico previene o disminuye el crecimiento vegetativo, pero no induce floración.

La disponibilidad y sustitución del agua tiene un efecto significativo en la cosecha, ensayos efectuados en Israel, demostraron que con una cantidad de agua alta por riego (36 mm), lo que correspondió a 11.000 m³/ha/año, había menos concentración de cloruros en las hojas, menos quemaduras en las puntas de las hojas y aumento en el rendimiento acumulado con respecto a los tratamientos de riego medio y bajo.

Las etapas de cuaja y crecimiento temprano de fruto han sido identificadas como críticas, debiendo evitarse en esta época el estrés hídrico. El fenómeno conocido como anillo del pedúnculo ("Ring neck") estaría relacionado con períodos de estrés hídrico durante el desarrollo del fruto. Este desorden fisiológico se manifiesta como una lesión corchosa en la unión del pedicelo y el pedúnculo, pero puede ocurrir entre el pedicelo y la unión con la fruta, o donde el pedúnculo se une a la rama, siendo todos estos sitios lugares naturales de abscisión.

□ **Tamaño de los Frutos**

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

El tamaño de los frutos es afectado principalmente por la cantidad de cosecha que tiene el árbol, en la mayoría de las veces el tamaño de los frutos se incrementa cuando se reducen los intervalos de riego y se incrementa el volumen de agua aplicado, dentro de ciertos límites.

□ **Clorosis Férrica**

Este desorden ocurre en suelos que tienen un alto contenido de Carbonatos de Calcio (y alto pH), que puede ser agravado por malos manejos de riego, dando por resultado una pobre aireación del sistema radicular. Inicialmente el pH alto del suelo reduce la disponibilidad de Hierro, dando origen a la Clorosis Férrica, bastante común en ciertos suelos de la zona de Quillota y La Ligua.

Bajo condiciones de altos volúmenes de agua, el aire de los poros del suelo es expulsado y la respiración de las raíces agota el oxígeno e incrementa la concentración de CO_2 tanto en el suelo como en las raíces, el resultado es un incremento de HCO_3^- que induce a la inmovilización del Hierro y provoca la clorosis. En suelos pobremente aireados, la clorosis férrica puede ser remediada reduciendo la cantidad de agua aplicada o aumentando los intervalos de riego.

En estos suelos, es muy conveniente el uso de Ácido Sulfúrico en el agua de riego, como también el uso de riego por inundación o por aspersión, posiblemente porque estos últimos incrementan la aireación del suelo. Sin embargo, además de las recomendaciones dadas anteriormente, muchas veces es necesario el uso de Quelatos (EDDHA), para solucionar el problema.

□ **Phytophthora**

El decaimiento de las plantas causado por *Phytophthora cinnamomi*, está íntimamente relacionado con altos volúmenes de agua. Esta enfermedad ataca y penetra las raicillas de 1 a 3 mm de diámetro, la predisposición de los paltos a este mal, se debe a que forma esporangios sólo en medios líquidos a diferencia de otras especies del mismo género. En suelos pesados siempre existe el peligro de sobresaturar las primeras estratas cuyas condiciones físicas y químicas empeoran con el tiempo, afectando la zona donde se encuentra el mayor número de raíces.

Condiciones muy húmedas del suelo (potencial mátrico de -10 kPa o menos), elevan la ocurrencia de esta enfermedad, al mismo tiempo que se reduce la difusión del oxígeno en el suelo. Al uso de portainjertos tolerantes y fungicidas sistémicos, el uso de microaspersores ayudan a revertir esta situación, al proveer al suelo de una distribución uniforme del agua.

□ **Períodos críticos de Riego**

El primer período crítico de riego, está dado por la época de floración y primera etapa de crecimiento de los frutos. La superficie de canopia disponible para transpiración aumenta en casi un 90% durante el período de floración y hasta un 13% del total del agua transpirada por los paltos puede ser atribuida a las estructuras florales. Sin embargo, tanto las estructuras florales como las hojas, tienen características morfológicas y anatómicas destinadas a disminuir las pérdidas de agua. Las estructuras florales poseen estomas en la cara del envés de los sépalos y pétalos y son densamente pubescentes, aumentando con ello la profundidad efectiva de la capa límite sobre ellos. A pesar de estas características, las flores son susceptibles a déficit hídricos mayores que las hojas durante períodos de transpiración moderada, desencadenando en épocas de estrés hídrico excesivo daños irreversibles en los órganos florales, limitando con ello el potencial de cuajar fruta y su posterior retención.

Sin embargo, en los climas Mediterráneos, esta época es delicada, pues excesos de agua causarían una reducción en la aireación y enfriamiento del suelo, que daría como resultado la destrucción de raíces; en Israel se ha comprobado por estos efectos, fuertes reducciones de cosecha en la variedad Ettinger.

La segunda época crítica de riego, corresponde a la fase de rápido crecimiento de los frutos, en esta época dar un riego eficiente, significa una reducción de caída de los frutos en el segundo período y un incremento en el tamaño final de los frutos. En esta época, reducir los intervalos de riego – dentro de ciertos límites – es una práctica que da resultados en la cantidad final cosechada y en el calibre de los frutos.

¿Qué sistema de riego se adapta mejor a esta especie?

Existen tres sistemas de riego tecnificado que pueden ser utilizados en una plantación de paltos:

⇒ Riego por goteo: Muy utilizado en la implantación y durante el primer año de vida de esta especie, tiene una serie de ventajas durante este primer año, como: bajo gasto de agua, menor gasto de energía eléctrica, fácil control de malezas, mayor eficiencia en la fertilización, etc. por lo general se obtienen tan buenos resultados durante este primer año que la pregunta es por que no seguir con este sistema en el transcurso de la vida de los paltos.

Se puede seguir utilizando este sistema siempre y cuando se cuente con los siguientes antecedentes: Suelo de muy buena calidad (ojalá lo más cercano a un suelo franco) y de gran profundidad (a lo menos 1,2 a 1,5 m de suelo libre de cualquier impedimento), la superficie mojada debe ser en lo posible de un 70% o más, que significa poner dos o tres líneas de goteros (dependiendo de la capacidad de mojamiento lateral del suelo), si estamos hablando de una plantación de 6 m de distancia entre las plantas. Complicado en suelos extremos (muy arenosos o muy arcillosos) o suelos poco profundos o irregulares en profundidad efectiva, características muy comunes en nuestros

suelos de cerros, también se debe contar con un sistema de filtraje de muy buena calidad ya que los emisores al ser de bajo caudal son más fáciles de obstruir; por último, el costo de tres líneas de riego es mayor si se compara con una de microaspersión o de microchorro.

- ⇒ Riego por microchorro: Sistema muy bien adaptado para el riego de plantaciones hechas con camellones ya que se riega sólo el suelo removido, evitando mojar la parte baja de los camellones – donde no interesa el crecimiento de raíces – ya que es un sector que posee muy poca profundidad de suelo y es fácilmente asfixiable en años de alta pluviometría. También tiene ventajas en cuanto a la eficiencia en la fertilización ya que concentra fuertemente la cantidad de raíces a lo largo del camellón, donde llegarán los fertilizantes puestos por el riego.

Tiene una mejor distribución de agua dentro del camellón comparado con el riego por goteo. Durante 4 a 5 años se llevó en varios huertos ensayos de riego por goteo con dos líneas – goteros cada 1m, versus riego por microchorro. El resultado, fue en la mayoría de los casos un decaimiento de los árboles en los sectores regados por goteo y no en los regados por microchorros; al analizar la distribución radicular dentro del camellón, la diferencia era muy grande, mientras en el riego por goteo la cantidad y la calidad de las raíces era totalmente irregular, en los regados por microchorros la cantidad y calidad de éstas era muy superior y uniforme.

- ⇒ Riego por microaspersión: Es el sistema más utilizado en todas las zonas palteras del mundo y también en nuestro país. Es el sistema de riego mejor adaptado cuando las condiciones del suelo son irregulares tanto en su textura como en su profundidad. Muy bien acondicionado para el cultivo hecho en cerros donde no se ha movido el suelo. Es muy fácil mojar con este sistema el 70% o más de la superficie del suelo.

Los microaspersores actuales tienen una mejor distribución del agua a lo largo de su recorrido y poseen distintos sistemas para ir aumentando el radio de mojamiento (al poder girar piezas o tener pestañas), que facilitan enormemente el riego según el crecimiento de las plantas. Es sin lugar a dudas el sistema que más perdona errores de riego (algo muy común en nuestros huertos de paltos).

Sin embargo, muchas veces nos topamos con una escasa profundidad de suelo que hace fracasar las plantaciones de paltos (normalmente entre el 7º y el 10º año o a veces anticipadamente), independiente de los tres tipos de riego descritos.

¿Cómo mejorar la profundidad del suelo?

Existen varias alternativas, dentro de las cuales hay tres que son las más utilizadas:

⇒ Camellones: Consisten en poner la(s) primera(s) estratas suelo de buena calidad sobre el suelo existente en el terreno o revolver estas primeras estratas de suelo para formar un suelo más homogéneo y de buena profundidad (dependiendo de la pendiente del lugar).

En sectores con pendientes, al revés de lo que se piensa, los camellones de alto a bajo, es el sistema más adecuado y con menor daño de erosión si se toman en cuenta las siguientes precauciones: Deben ser construidos en verano y como máximo antes de las primeras lluvias de otoño – invierno. Los camellones deben ser hechos de alto a bajo y no deben tener más de 50 m de largo (entre los caminos), así la cantidad de agua que cada uno de ellos generará no será mayor a 1 litro por segundo (como promedio), con lluvias de 300 mm en caídas en 24 h. Los caminos deben tener dos tipos de pendientes, la primera es con una inclinación del 5 al 8% hacia el pie del cerro – por ese lugar, donde existe el suelo más firme (arcillas y rocas normalmente), se conducirá el agua que descargan los camellones – y la segunda pendiente va del lugar más expuesto da la loma (zona de crestas) hacia cada una de las quebradas (donde desaguarán estas aguas lluvias), con una pendiente cercana al 1%. Las quebradas que recibirán estas aguas no sólo deben ser respetadas sino que en muchos casos replantadas o hacer un manejo de ellas, impidiendo que el agua vaya con mucha velocidad y forme una avalancha provocando inundaciones.

⇒ Terrazas: Sistema muy eficaz si se toma la precaución de sujetar cada una de las paredes que conforman las terrazas – a un costo impagable – y además, considerar las pendientes dentro de cada terraza, ya que una pequeña depresión en el piso de la terraza o una mala construcción por pendiente, provocará no sólo la destrucción de esa terraza, sino de todas las que están bajo esta. Hay que hacer notar que las terrazas tal como se confeccionan en Chile, donde normalmente no se toma ninguna de estas precauciones, han tenido una severa destrucción del suelo por erosión.

Otros problemas que presentan son: los taludes que quedan entre las terrazas tienen una pendiente muy superior al 100%, resultando una cosecha difícil de ejecutar en esa cara. La plantación debe ser realizada en el borde de la terraza o en el talud de ésta, dificultando los manejos propios de la especie, ya que si se planta en el centro o pegado al cerro, las plantas morirán por asfixia radicular.

⇒ Otra forma de mejorar la profundidad efectiva del suelo es: el uso de Ácido Sulfúrico para eliminar los carbonatos presentes en la primera estrata de suelo (cuando han sido regados por el Mapocho, Maipo, Aconcagua o los ríos ubicados al norte de este último) y poner Sulfato de Calcio (como el Fertiyeso), que ayuda a reestructurar el suelo, aumentando la porosidad.

El yeso agrícola tiene adicionalmente otros beneficios, como:

- Estimular el crecimiento radicular.
- Incrementar la resistencia a enfermedades en raíces de Paltos.
- Deteriorar la actividad de *Phytophthora*, por reducir la formación de esporangios.

- Interfieren la motilidad de las zoosporas o inducir a un prematuro encapsulamiento de ellas.
- Mejorar el drenaje del suelo.
- Estimular a los microorganismos antagonistas de *Phytophthora*.

Además, los niveles de Calcio afectan al tamaño del fruto, la cantidad de cosecha y la calidad de la postcosecha de esta fruta. El Calcio desplaza al Sodio de las partículas de arcilla (muy importante en suelos regados con aguas del Maipo y Mapocho), incrementando la porosidad del suelo y por lo tanto el drenaje interno.

¿Qué frecuencia de riego es la mejor?

Para tener buenos resultados las raíces del palto deben estar oxigenadas

⇒ Riegos diarios: Sistema muy en boga en algunos huertos y que busca minimizar el estrés natural que tienen los paltos en los días de calor y tener un sistema radicular ubicado principalmente en la parte superior del suelo. Esto implica idealmente riegos durante el día (evitando los riegos de noche), algo que no está proyectado en los riegos establecidos antes del año 2003, con algunas excepciones. Sin embargo, la gran dificultad está en poner sólo la cantidad de agua que necesita la planta y no tener déficit o excesos de agua, esto último, algo muy común que está sucediendo en muchos huertos llevados con esta tecnología, que está provocando decaimientos de plantas y de sectores completos de las plantaciones. Los árboles con este sistema de riego, están siempre sensibles a variaciones bruscas de temperaturas (por ej. después de varios días nublados y luego uno de gran calor, los árboles se resienten). En suelos profundos, es preferible desarrollar raíces en profundidad y ocupar el espacio asignado.

Este sistema, con algunas variaciones funciona mejor en suelos poco profundos e irregulares (normalmente en cerros), donde se puede dar riegos diarios o cada dos días, cortos para mojar las primeras estratas y luego de varios de estos riegos, dar un riego más largo para mojar en profundidad.

⇒ Riego por pulsos: Es una variante del riego diario y consiste en dar varios riegos al día. GAMA ensayó la técnica de riego por pulsos, con ayuda de la CORFO y TECNAR, en paltos adultos, regando 1, 3 o 7 veces por día y comparándolo con un riego por microaspersión, regando este último, cuando el suelo ha agotado un tercio del agua disponible (normalmente en verano, un riego cada tres días). Después de tres años, ninguno de los tratamientos por pulso fueron mejores que el riego por microaspersión, sólo el tratamiento de 3 riegos diarios logró tener la misma producción pero con calibres de frutas menores. En el caso de 7 riegos diarios, se presenta siempre excesos de agua en profundidad y los parámetros medidos con la cámara de presión, tensiómetros y dendrómetros, mostraron que fueron los sectores más estresados.

Para utilizar este sistema, obligatoriamente se debe contar con tres líneas de riego y goteros antidrenantes (deben cerrarse inmediatamente después que se ha cortado el riego) y muy cercanos entre ellos (3 por metro), este sistema sólo puede ser utilizado en suelos planos por el momento, ya que los goteros antidrenantes funcionan máximo con un metro de desnivel en el lateral de riego, no existiendo microchorros ni microaspersores con el sistema antidrenante.

Hay huertos donde se está llegando al absurdo de dar más de 30 o 40 riegos diarios.

- ⇒ Riegos de frecuencia variable: Es el sistema más utilizado en riegos por microchorro y microaspersión. La idea en este caso es agotar alrededor de un tercio del agua aprovechable que retiene el suelo, para ello, se debe saber la curva de retención de humedad, textura y profundidad del suelo donde están implantados los paltos. Ideal para suelos de profundidad media a profundos. Las plantas desarrollan todo su sistema radicular desde los primeros centímetros del suelo hasta los 100 a 120 cm. de profundidad, si el suelo lo permite.

Lo más importante en este caso, es determinar la cantidad de agua que existe en el suelo, para suplir las necesidades de la planta, por lo tanto, hay que disponer de una serie de sistemas de medición para no estresar los paltos, como los que se describen a continuación.

¿Cuáles son los mejores sistemas de medición, para no tener estresados los paltos?

Muchos habrán escuchado y tendrán alguno de los nuevos sistemas de medición, como Dendrómetros (Fitomonitores), Aspersor de Neutrones, Cámaras de Presión y otros más antiguos como los Tensiómetros, también algunos utilizan en sus huertos Bandejas Evaporimétricas o Estaciones Metereológicas Computarizadas. A continuación se hace una breve descripción de cada uno de ellos con sus ventajas e inconvenientes:

- ⇒ Bandejas Evaporimétricas y Estaciones Metereológicas Computarizadas: Si se quiere saber la cantidad de agua a aplicar en un huerto – independiente del sistema y frecuencia de riego – es indispensable tener a lo menos Bandejas Evaporimétricas Clase A (mejor aún es tener una Estación Metereológica Computarizada – pero es más cara). Estos implementos miden la cantidad de agua evaporada diariamente en el huerto – en el caso de la Bandeja debe multiplicarse por el Coeficiente de la Bandeja (K_b), no así los datos de la Estación Metereológica, pero, lo importante es saber la cantidad de agua evapotranspirada por la planta, para correlacionarla se utiliza el Coeficiente del cultivo (K_c). Ambos Coeficientes determinados para la zona de Quillota en el año 2.000 han funcionado muy bien y están disponibles en la Tabla dada a continuación:

Mes	Kb	Kc
Enero	0,75	0,72 – 0,75
Febrero	0,80	0,72 – 0,75
Marzo	0,85	0,72 – 0,75
Abril	0,95	0,72
Mayo	0,95	0,72
Junio	1,10	0,72
Julio	1,20	0,72
Agosto	1,10	0,72
Septiembre	1,00	0,72
Octubre	0,80	0,72
Noviembre	0,75	0,72
Diciembre	0,75	0,72 – 0,75

Nota: Los Kc de 0,75, están dados para zonas muy calurosas.

Teniendo estos datos y agregándole la eficiencia del riego y la precipitación del sistema utilizado en el huerto, se puede determinar a priori la cantidad de horas a regar. No obstante lo anterior, es importante saber lo que está pasando en el suelo, para ello se puede utilizar:

- ⇒ Tensiómetros: Es el sistema más utilizado en el riego en Sud África y en California. También en Chile se utilizaron durante mucho tiempo, luego se eliminaron de muchos huertos, prefiriéndose el uso de Bandejas, pero, cuando sólo se mide la parte externa del huerto sin tomar en cuenta lo que está sucediendo en el suelo, se puede encontrar con grandes sorpresas como: huertos asfixiados, decaídos o faltos de agua, es por ello que se han vuelto a utilizar.

Muchos huertos que se riegan diariamente están usando estos medidores, pero, tratando de mantener los tensiómetros bajo 10 centibares (cb), esta medida en la mayoría de los suelos indica una condición de asfixia total de las raíces del palto. Cuando en estos sistemas de riego así tratados, se realizan calicatas, el suelo se presenta absolutamente “pasado” de agua (muchas veces brillantes por el agua libre que hay en los poros del suelo), impidiendo la respiración de las raíces y por ende un limitado desarrollo de éstas, provocando decaimiento de muchos de estos huertos, que se une el problema de enfermedades como *Phytophthora*.

Se puede determinar la Capacidad de Campo (agua disponible) en cada uno de los suelos con los mismos tensiómetros y así evitar asfixias innecesarias que llevarán al palto al decaimiento y posteriormente la muerte de las plantas.

- ⇒ Calicatas: Es el sistema más antiguo y muy utilizado por muchos productores para saber realmente lo que está pasando en el suelo. Es importante (al igual que en los tensiómetros), medir lo que está sucediendo en el sector de suelo donde se encuentre una gran cantidad de raíces del palto. También, las calicatas deben ser grandes y profundas, para ver lo que está ocurriendo con el agua de riego en profundidad. Este buen sistema de observación requiere de experiencia y capacitación, y así evitar errores.

- ⇒ Aspersor de Neutrones: Sistema desarrollado principalmente en Israel y Australia, fue probado en nuestro país en los últimos años, dando mediciones contradictorias, pues la calibración de los equipos son dependientes de varios factores como: el contenido de materia orgánica del suelo, la pedregosidad que presenta el sector, la presencia de sales con altos contenidos de Boro, Litio, Cloro y Fierro, la dificultad de uso (especialmente la postura de los tubos que deben ponerse en el suelo y el material de éstos), ha significado que no se siga con el desarrollo este sistema.

- ⇒ Dendrómetros (Fitomonitores): Sistema desarrollado hace más de 30 años atrás en Israel, y que consiste en una serie de sensores electrónicos que pueden ser ubicados en troncos, ramas y/o frutas de los árboles y que miden la contracción y expansión diaria de los troncos y/o el crecimiento de las frutas, ramas o troncos de los árboles. Además pueden tener otros sensores para la medición de radiación, temperatura, humedad, etc. Esta es una técnica complementaria al uso de Bandejas Evaporimétricas o Estaciones Meteorológicas y que deben ser apoyados fuertemente por lo que está sucediendo en el suelo, mediante el uso de tensiómetros, calicatas o sensores que pueden traer estos mismos fitomonitores.
El uso mayoritario que se les ha dado en Chile es la medición de contracción y expansión de los troncos o ramas de los árboles, sin embargo, estas mediciones por si solas son muy poco válidas si no son complementadas con las otras mediciones ya enumeradas.

- ⇒ Cámaras de Presión: Consiste en sacar hojas de los árboles en la hora de mayor estrés (alta temperatura) y determinar el potencial hídrico o el potencial hídrico xilemático de éstas, al ser sometidas a presión. Al igual que el caso anterior también es un sistema complementario al uso de Bandejas o Estaciones Meteorológicas, Tensiómetros, Calicatas u otros sistemas de medición. Se está determinando para la zona de Quillota, el tipo de hoja a muestrear y las lecturas o estándares de árboles con distintos niveles de estrés.

2. Fertilización

Los rendimientos de los huertos de paltos son bajos, cuando se comparan con los de manzanos, durazneros y cítricos. Por una parte, esto es debido a los altos costos de energía que necesita el Palto para sintetizar los aceites en su fruta, por otra a un reflejo del origen de esta especie, en bosques tropicales donde las lluvias son constantes, como también a la conducta compleja de floración y polinización que posee.

El palto se caracteriza por tener una baja demanda de nutrientes, es así como Lahav (1990) señala que la extracción de N, P y K por cada tonelada de fruta es de 11, 2 y 20 K respectivamente. A continuación se entrega un cuadro que

muestra la extracción de los distintos elementos, en huertos adultos de paltos que tienen una producción de 10 toneladas por há.

Extracción de nutrientes en Paltos con rendimiento de 10 Ton/ha.

<i>Elemento</i>	<i>Remoción del cultivo (K/ha)</i>	
N	11,3	28,04
P	1,7	10,59 (24,25 P ₂ O ₅)
K	19,5	24,27 (67,15 K ₂ O)
Ca	2,1	5,58
Mg	5,0	11,27
Cl ⁻	1,5	11,22
S	8,0	20,31
Mn	0,02	0,02
Fe	0,09	0,12
Zn	0,04	0,38
Cu	0,01	0,14
B	0,04	0,99

Fuente: Lahav y Kadman 1980 Arpaia, ML, 2004

QUÉ APLICAR

Además del análisis de suelo, que nos indica el pH, la Conductividad Eléctrica y en general las cantidades que tienen los suelos – pero que tiene el inconveniente de no advertirnos la cantidad de estos elementos que están disponibles para las plantas – debemos recurrir a los análisis foliares, para una buena fertilización de los huertos. Sin embargo, los análisis foliares no son una panacea ni tampoco dan una respuesta absoluta, ni es 100% confiable; sobre todo si se está tratando de árboles que no están sanos, porque si el árbol tiene enfermedades radiculares, excesos de agua o diferentes factores alterando la planta, ello implica que los resultados estarán falseados.

Es muy importante determinar fehacientemente el tipo de hoja a muestrear, la época en que se realiza el muestreo, sacar estas muestras de árboles sanos, representativos del huerto, de la misma variedad y edad de las plantas, de sectores de suelo similares, etc. Bajo nuestras condiciones, el muestreo debe realizarse 6 meses después del nacimiento de las hojas de primavera, obteniendo hojas del tercio medio de ramillas, que no tengan frutas, durante el mes de marzo y comienzos de abril.

Para que el análisis foliar sirva en forma razonable, debe repetirse año a año, para ir observando como evoluciona el contenido de los distintos elementos en las

plantas y para ir advirtiendo si se está aplicando un producto de más o de menos, y así corregir esas cantidades anualmente.

SAAGA – SAAKV (South African Avocado Grower's Association), en su publicación de julio de 1990, presenta una tabla de contenidos de análisis foliar muy completa, producto de las investigaciones realizadas en este país y que corresponde a algunas variaciones de lo obtenido por Embleton, Goodall y Pratt en California, dando rangos específicos de nitrógeno para Hass, Fuerte y otras variedades, y que se presentan en el siguiente cuadro:

Elemento	Deficiente	Bajo	Normal	Alto	Exceso	Medido en
Nitrógeno (Hass)	1,40	1,41-2,19	2,20-2,40	2,41-2,69	2,70	%
Nitrógeno (Fuerte)	1,30	1,31-1,69	1,70-2,00	2,01-2,49	2,50	%
Nitrógeno (Otros)	1,30	1,31-1,89	1,90-2,20	2,21-2,49	2,50	%
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	0,26-0,39	0,40-0,80	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	3	4	5-15	16-24	25	Ppm
Hierro	40	41-49	50-150	151-249	250	Ppm
Manganeso	19	20-49	50-250	251-749	750	Ppm
Molibdeno	0,01	0,02-0,04	0,05-1,00	-	-	Ppm
Zinc	20	21-24	25-100	101-299	300	Ppm
Boro	14	15-49	50-80	81-149	150	Ppm

A su vez Whiley y Lahav en el año 2002, publican Estándares un poco diferentes a los anteriores, para árboles maduros y están basados en los trabajos de: Embleton y Jones (1964), Lahav y Kadman (1980) y Whiley y otros (1996) y que a continuación se dan a conocer:

Nutriente	Deficiente (menos de)	Rango Comercial	Exceso (más de)
N (%)	1,60	1,6-2,8	3,0
P (%)	0,14	0,14-0,25	0,3
K (%)	0,90	0,9-2,0	3,0
Ca (%)	0,50	1,0-3,0	4,0
Mg(%)	0,15	0,25-0,80	1,0
S (%)	0,05	0,20-0,60	1,0
Mn (mg kg ⁻¹)	10-15	30-500	1000
Fe (mg kg ⁻¹)	20-40	50-200	?
Zn (mg kg ⁻¹)	10-20	40-80	100
B (mg kg ⁻¹)	10-20	40-60	100
Cu (mg kg ⁻¹)	2-3	5-15	25
Cl ⁻ (%)	?	-	0,25-0,50

Na (%)	?	-	0,25-0,50
--------	---	---	-----------

Como se puede observar de esta segunda Tabla, hay algunos elementos importantes que están puestos en el Rango Comercial (y no como Rango Adecuado), en cantidades distintas a la primera. Así por ejemplo, el Potasio donde se elevan fuertemente los rangos, considerando que bajo 0,9 ya está deficiente; también la cantidad de Zinc es superior y baja las cantidades de Boro.

No sólo están los cambios ya nombrados, sino que además, hay que tener en cuenta una serie de factores que afectan a las concentraciones de nutrientes minerales en las hojas, como son:

- Posición de las hojas en los árboles: Hay pequeñas diferencias en las concentraciones de nutrientes según la posición de las hojas, en Israel la mejor correlación se obtuvo con hojas de la posición Norte, sin embargo, con las podas que actualmente se realizan en los árboles, este punto ha perdido importancia.
- Lluvias y riego: Si la cantidad de agua aplicada a un cultivo es insuficiente, bajará el peso seco de las hojas y también la concentración de N, P, K, Ca, Mg, Zn y Mn. En Israel, en los experimentos de riego llevados a cabo en los últimos 35 años, han dado como resultado un aumento en las cantidades de Cl^- , Na y B, al incrementar las cantidades de estos elementos aportados por el agua de riego. Por otra parte, al aplicar más agua se reducen los niveles de N, P, Ca, Mg y Zn, posiblemente por incrementos en los crecimientos vegetativos. También se ha visto que intervalos muy frecuentes de riego, aumentan las cantidades de Cl^- en las hojas. En general el riego no afecta mucho a los micronutrientes, sin embargo, excesivos riegos dan como resultado una baja en los niveles de Fe y Zn en las hojas.
- Producción: Usualmente altas producciones dan como resultado un agotamiento de nutrientes, que pueden observarse en la temporada siguiente, así en Florida y California, se ha visto una baja en los niveles foliares de P, K y S en años de elevada producción. Lo mismo se ha observado en la variedad Nabal en Israel.
- Anillado: En la mayoría de los casos el anillado es seguido por clorosis y una baja en los contenidos minerales de la hoja, este agotamiento de los nutrientes está causado por altas cosechas y la interrupción y translocación de los nutrientes ocasionado por el anillado.
- Variedades: Generalmente las variedades guatemaltecas tiene niveles foliares más elevados que los cultivares mexicanos. Ensayos llevados a cabo en Israel, muestran que las concentraciones de P, K y Fe en la variedad Nabal (guatemalteca), fue mayor que en la variedad Fuerte (mayormente mexicana). En huertos plantados en California con variedades MacArthur y Fuerte en forma alternada y con un programa común de nitrógeno, mostraron mayor

contenido de N en Fuerte en la máxima producción. También Hass se muestra menos sensible que Fuerte al nitrógeno.

- Portainjertos: Estudios en paltos han demostrado claros efectos de los portainjertos en la nutrición de los árboles. Así en portainjertos guatemaltecos se encuentra una mayor concentración de Ca en las hojas, cuando se le compara con portainjertos mexicanos. Al revés sucede con el K, donde la mayor concentración está dada por los portainjertos mexicanos. Ensayos reportados en Australia en el año 2001, muestran tanto en hojas como en frutas que hay una mayor relación Ca+Mg/K en Hass injertados sobre Velvick (antillano) que sobre semillas de Duke 6 (mexicano); estos frutos de Hass sobre Velvick tuvieron mejor comportamiento en la postcosecha. En Israel, árboles de Fuerte injertados sobre portainjertos mexicanos, tenían un mayor nivel de N que los injertados sobre guatemaltecos, mientras que árboles injertados sobre portainjertos antillanos tenían bajos niveles de N y Ca y altos niveles foliares de K, Mg, Fe, Zn y Mn. En Australia se ha comprobado que hay mayores concentraciones de Boro en las hojas, cuando la variedad Hass ha sido injertada sobre Velvick (antillano) comparado con este cultivar injertado sobre Duke 7 (mexicano); también en este país se ha visto diferencias considerables en Hass injertado sobre diferentes portainjertos de semilla, sugiriendo una fuerte influencia genética.

En zonas semiáridas de California e Israel, los portainjertos antillanos han llegado a ser mucho más resistentes a la salinidad que portainjertos mexicanos y guatemaltecos, expresando menores concentraciones de Cl⁻ y Na en las hojas.

La tabla que se presenta a continuación muestra el efecto relativo de los portainjertos en el contenido de los nutrientes en la variedad injertada (A: Alto, M. Medio, B: Bajo):

Nutriente	Portainjertos		
	Mexicano	Antillano	Guatemalteco
N	A	B	B
P	M	A	B
K	A	M	B
Ca	B	B	A
Mg	B	A	A
Na	A	B	B
Cl ⁻	A	B	B
Mn	B	A	-
Fe	M	A	B
Zn	B	A	-
B	B	-	A

- Pesticidas: La concentración de nutrientes en las hojas puede verse afectado fuertemente por residuos de los pesticidas o por aplicaciones de fertilizantes foliares. La aplicación de nutrientes foliares pueden quedar fijados en las ceras

de la cutícula de la hoja, que puede distorsionar los resultados de los nutrientes presentes en las hojas, por ejemplo en Australia, se emplea aplicaciones de Cu como fungicida, el análisis de hoja muestra concentraciones de 500 mg kg^{-1} que sería altamente tóxico según los resultados de los análisis foliares. En el caso del Zn aplicado al follaje, Crowley en el año 1996 establece que: “hay problemas críticos en la evaluación de la eficacia de la aplicación foliar, debido a la retención extracelular de precipitados de Zn en las hojas de paltos”

Síntomas visuales de deficiencia y excesos.

Otro sistema muy útil y muy importante para saber que falta es basarse en los síntomas visuales. Supongamos que en el huerto se vean anomalías en las hojas, y que son más o menos típicas. Entonces, se debería hacer un análisis foliar para chequear los síntomas observados, ya sean deficiencias o toxicidad. Así, son muy típicos los síntomas de deficiencia de Hierro, Zinc, Manganeso y Boro; como así también los síntomas de exceso de Cloro.

Se pueden presentar en nuestro país las deficiencias de los siguientes elementos:

Hierro: En el palto, como en la mayoría de los frutales, la deficiencia se manifiesta como una clorosis (amarillamiento) intervenal muy marcado, es decir, permanecen de color verde sólo los nervios de las hojas, principalmente las más jóvenes del árbol.

Zinc: Una ligera deficiencia de este elemento se manifiesta por un moteado intervenal en las hojas jóvenes, síntoma que se confunde fácilmente con una leve toxicidad por sales. En el caso de una deficiencia media, los árboles presentan clorosis en algunas ramas, permaneciendo verde, o con un ligero moteado, el resto del follaje. Cuando la deficiencia es más severa, se reduce el tamaño de las hojas y la clorosis es más intensa en sus láminas, apareciendo manchas marrón-anaranjadas en las áreas cloróticas, además hay acortamiento de entrenudos en los brotes.

La reducción en el tamaño de los frutos, así como el cambio de la forma, al volverse más esféricos y, en algunos casos, mostrar una pigmentación rojiza en frutos jóvenes junto al punto de inserción de ellos, son otros de los síntomas de carencia de este elemento.

Manganeso: Cuando la deficiencia es leve, hay un empaldecimiento de las áreas intervenales de las hojas, permaneciendo verdes las zonas contiguas a los nervios. A medida que la deficiencia se hace más aguda, dichas áreas adquieren una coloración amarillo más intensa, en contraste con las bandas verdes. Estos síntomas pueden manifestarse en hojas jóvenes como en adultas.

Boro: Su carencia se manifiesta principalmente en los frutos mostrando distintos tipos de deformaciones, siendo la más típica la deformación de un lado del cuello del fruto. Además, la inserción del pedúnculo en el fruto es más lateral. El árbol tiende a dar una floración más temprana y los brotes muy grandes sobre ramas débiles.

Cloro: Presenta problemas de excesos, el cual se manifiesta en las hojas más viejas con una decoloración de la punta de ella, si la toxicidad es leve, llegando a provocar necrosis (muerte) de esta zona y de parte de la lámina. Este síntoma se presenta en forma alarmante en plantaciones de paltos en el valle de Mallarauco, como en la zona de Naltahua, regadas por los ríos Mapocho y Maipo.

Estos síntomas pueden ser muy claros a veces, pero otras pueden venir mezclados principalmente con sodio, o sea, se da una combinación de 2 o más elementos, y entonces la visión del síntoma no es tan clara. También pueden mezclarse problemas de toxicidad de un elemento o sales, con deficiencias de otros.

CUÁNTO Y CUÁNDO APLICAR

a) Nitrógeno:

Como vimos anteriormente, el palto no extrae muchos nutrientes del suelo para su producción y, por otra parte, excesos de nitrógeno trae como consecuencia una reducción en la cosecha.

Del tercer o cuarto año en adelante – una vez que comienza la producción comercial, deben realizarse los análisis foliares para una buena determinación de los niveles nutricionales de las plantas.

En árboles adultos las dosis aplicadas dependen de la variedad, de la localidad (especialmente si están regadas con aguas provenientes de las descargas de las ciudades), de la producción actual y de la esperada para la próxima temporada, de la fertilidad del suelo, y de otras consideraciones a determinar en cada caso. En general las dosis ocupadas en nuestro país son, para las distintas variedades cultivadas comercialmente:

Hass	: 150 a 250 K/ha
Fuerte	: 0 a 150 K/ha
Bacon	: 0 a 100 K/ha
Zutano	: 50 a 150 K/ha

Este nitrógeno puede ser aportado mediante **abonos orgánicos o inorgánicos**. En el primer caso, es muy importante establecer la procedencia de dicho abono y los cuidados que se le han dado, ya que si se hubiera desecado al sol, se podrá haber perdido una parte importante del nitrógeno; debido a ello, es necesario analizarlo antes de su aplicación. También es importante conocer el grado de salinidad que traen, pues hemos estudiado algunos guanos provenientes de aves, cuyas Conductividades Eléctricas en el extracto de saturación son mayores a 17 mMhos/cm, considerando que los paltos que viven en suelos con 2 mMhos/cm, ya tienen una pérdida del 10% de su producción, en estos casos hemos llegado a tener muerte de plantas.

Otro de los aspectos que hay que tener cuidado es la descomposición de estos guanos, ya que si no están bien descompuestos, la cantidad de amoníaco que

liberan en este proceso y la susceptibilidad de las raíces del palto a este elemento, terminan dañando y matando a las raíces, por lo tanto, el ideal es trabajar con guanos ya compostados.

Otro de los problemas que presentan los abonos orgánicos, es su lenta liberación del nitrógeno, que puede ser acelerada o retardada por la temperatura existente en el suelo. Esto hace difícil el saber con cierta exactitud cuándo se está entregando este nitrógeno a la planta, esto es muy importante para lograr una buena cuaja en los árboles, y no favorecer en un momento determinado el crecimiento vegetativo, en desmedro del reproductivo que da origen a los frutos.

Sin embargo, estos abonos orgánicos tiene muchísimas ventajas, siendo la principal la gran actividad que genera en los microorganismos del suelo, además, mejora la estructura del suelo aumentando la infiltración del agua, incrementan la retención de agua conservando la humedad de éste, disminuyen el escurrimiento superficial, aportan una gran diversidad de nutrientes, etc. Lo mismo se puede decir de las coberturas vegetales (acícula de pino, corteza, viruta de maderas, paja, etc.), sin embargo, éstas en general no aportan en su primera etapa nutrientes, sino que por el contrario, pueden crear al inicio “hambre de nitrógeno” y una vez se descomponen, liberar nitrógeno y otros nutrientes.

Las mejores épocas de aplicación de Nitrógeno que hemos comprobado en nuestro país corresponden a las que se realizan a fines de abril comienzos de mayo (donde se pone un 40% del nitrógeno), en plena floración (2ª quincena de octubre, donde se aplica entre un 30 y un 40%) y en enero (durante todo el mes), donde se pone el resto del nitrógeno.

b) Fósforo y Potasio:

No hemos encontrado nunca en huertos chilenos la sintomatología de deficiencia de fósforo y potasio en paltos, no obstante, haber encontrado – especialmente en algunos huertos, niveles bajo de Potasio – por lo que no es posible utilizar el diagnóstico visual para determinar su posible ocurrencia.

En California, rara veces y solo en años más recientes, en suelos arenosos y áridos se ha encontrado una carencia de fósforo, siendo también rara la falta de potasio.

Acabamos de terminar una experiencia de cuatro cosechas en un ensayo a 4 años con SOQUIMICH, donde se comparó la aplicación de N, B y Zn (Fertilización GAMA), versus N, P, K, Ca, B y Zn (Fertilización Completa). Seguimos con mucha atención este experimento ya que el huerto elegido es de alta productividad (mayores a 20 toneladas por há como promedio) y debieran ser los primeros en manifestar la falta de estos nutrientes, reflejado en los calibres o en la cantidad de frutas cosechadas.

En este experimento y después de cuatro años, no se vio mayores cantidades de cosecha, sólo un año la presentó mayores calibres, con el tratamiento de Fertilización Completa, como lo muestra el cuadro siguiente:

PRODUCCIÓN HASS 4 TEMPORADAS

DESARROLLO AGRARIO

TEMPORADAS	T1 GAMA	T2 COMPLETO	T1 GAMA	T2 COMPLETO
	K por Há	K por Há	Peso Fruta - g	Peso Fruta - g
2000-01	17.260	12.432	285,4	288,0
2001-02	35.020	37.185	230,9	231,7
2002-03	16.817	7.992	298,8	289,5
2003-04	39.294	45.510	206,1	228,0
2004-05	333	5.217	279,1	261,8
TOTAL	91.464	95.904		
ABI 2002-03	0,42	0,55		
ABI 2003-04	0,32	0,63		
ABI 2004-05	0,98	0,79		

Significancia al 0,10%

Año Plantación: 1997
Distancia: 6 x 3 m

GAMA-SOQUIMICH. 2006

Si se vio, pero sólo en el primer año, una mayor cantidad de Calcio presente en los frutos con el tratamiento que llevaba este fertilizante, algo que es muy interesante, especialmente si parte de nuestras exportaciones se dirigen a Europa (con períodos de comercialización más largos, por viajes más prolongados, que los habitualmente a Estados Unidos).

Después de 4 años de fertilizaciones completas, en los análisis de suelo realizado en febrero de 2005, sólo se encontró una mayor cantidad de Fósforo disponible en el suelo, al compararla con la fertilización que llevaba solamente nitrógeno, como se muestra en el siguiente Cuadro:

Análisis de Suelo (9 Febrero 2005)	
Fertilización GAMA	Fertilización

Completa		
pH	6,77	6,60
CE	0,16	0,19
M.O.	2,49	2,54
N disponible, ppm	3,90	4,10
P disponible, ppm	10,2*	63,5*
K disponible, ppm	93,3	127,0
Cu disponible, ppm	6,4	7,0
Fe disponible, ppm	18,9	17,0
Mn disponible, ppm	25,7	21,0
Zn disponible, ppm	88,7	195,0
Ca intercambiable (meq/100g)	12,0	12,3
Mg intercambiable (meq/100 g)	1,3	1,4
Relación Ca:Mg	9,0	8,6

* Significancia al 0,05%

Sin embargo a niveles foliares (lo que la planta está tomando realmente), había diferencias significativas en varios elementos como se muestran a continuación:

Análisis Foliar (22 Marzo 2005)		
	Fertilización GAMA	Fertilización
Completa		
N, %	2,18	2,15
P, %	0,13	0,13
K, %	0,98	1,06
Ca, %	1,57*	1,80*
Mg, %	0,57	0,55
Cu, ppm	17,5*	14,5*
Zn, ppm	71,2*	39,7*
Mn, ppm	286,7	301,7
Fe, ppm	216,3*	154,0*
B, ppm	113,8	95,5

* Significancia al 0,10%

Como se puede observar en ambos Cuadros, a pesar de tener mayor cantidad de Fósforo en el suelo con el Tratamiento de Fertilización Completa, esto no se vio reflejado en los Análisis Foliares y sí en esta última temporada hubo mayor cantidad de Calcio a nivel de hojas, aunque menores cantidades de Cu, Zn y Fe.

c) Boro:

El boro está estrechamente asociado con la división celular y la actividad meristemática (responsable del crecimiento), siendo particularmente importante durante la polinización y el desarrollo temprano del fruto. Tal es así que, en

árboles severamente deficientes, se producen deformaciones del fruto y de los brotes.

Ocurre una removilización del boro, intensa y rápida durante el invierno, desde las hojas maduras a las panículas de flores en desarrollo. De este modo, se deberían aprovechar las oportunidades para ajustar las concentraciones de boro en el árbol durante los meses de verano, con el fin de asegurar un suministro adecuado durante el crítico período primaveral.

En Australia, el boro se aplica usualmente en el suelo, y las investigaciones han demostrado que el árbol soportará tasas diez veces mayores que el equivalente a los cítricos y mangos (Whiley, datos no publicados).

La disponibilidad de este elemento depende del tipo de suelo (mientras más arenosos, mayor disponibilidad), del pH (nuestros suelos son básicos e idealmente se requiere de suelos ácidos o subácidos para una mejor absorción), del tipo de arcilla presente en el suelo y del portainjerto utilizado.

Estamos usando en Chile aplicaciones al suelo, que varían entre 5 a 8 g de Ácido Bórico por m² de follaje del árbol, puesto bajo los goteros del árbol o en una línea entre la caída del follaje y el emisor, en el caso de estar regados por microaspersión o microchorro.

d) Cinc.

También este elemento está asociado a la actividad de meristemas y, cuando hay deficiencias de él, prevalece la clorosis de la hoja y la deformación del fruto. De manera similar al boro, las concentraciones de cinc en la hoja también descienden durante el desarrollo de las panículas de flores. En tejidos florales, los niveles pueden ser entre un 80 – 100 % superiores durante la antesis (apertura de la flor) que en las hojas adyacentes.

Aplicaciones Foliare: Tal como se dijo anteriormente, estas aplicaciones son fuertemente cuestionadas, debido a la retención extracelular de precipitados de Zn en las hojas de paltos.

Aplicaciones al suelo:

Estas han sido exitosas en suelos ácidos de San Diego y Santa Bárbara (EE.UU.), también en aplicaciones por el sistema de riego en Israel. En Chile, que ya llevamos 4 a 5 años aplicando Sulfato de Cinc por el sistema de riego, donde ya se ven resultados concretos, pues muchos huertos que estaban en deficiencia han pasado a niveles adecuados. Estamos aplicando entre 200 y 300 K de Sulfato de Cinc por há, repartido en los riegos de primavera y verano hasta lograr los contenidos de 40 a 100 ppm, luego de logrado esto, se baja la fertilización a la mitad.

En sectores con deficiencias marcadas de Cinc, hemos usado aplicaciones de grandes cantidades de Sulfato de Cinc por planta (hasta 8 K/árbol, en árboles

adultos plantados a 8 x 8 m), en 8 hoyos por árbol, de 30 – 40 cm. de profundidad y poniendo un 1 k/hoyo. Los resultados han sido muy exitosos, pues en un año las plantas han vuelto a la normalidad. Lo mismo hemos hecho en plantitas nuevas (de 2 años de edad), poniendo 400 g/planta, en 4 hoyos de 30 cm. de profundidad, en el sector del término de las raíces.

e) Hierro.

La deficiencia de este elemento puede abarcar al árbol completo o solo a determinadas zonas del follaje, siendo esta sintomatología observada con mayor frecuencia entre los meses de septiembre a marzo. También es esperable observar que en aquellos árboles que presentan una producción muy abundante en la temporada, se manifieste clorosis férrica.

Las plantas con clorosis férrica han sido tratadas desde hace muchos años con sulfato ferroso, vía aplicación foliar, y en algunos casos directamente al suelo. En los suelos calcáreos, este método de corrección es poco efectivo, ya que el hierro se insolubiliza en el suelo al transformarse en hidróxido ferroso y las aplicaciones al follaje no dan buenos resultados.

Para corregir clorosis férrica se emplean quelatos de Hierro, principalmente de Fe-EDDHA, cuyo nombre comercial puede ser: Sequestrene 138 Fe o Bolikel Hierro, u otros productos que contengan Fe-EDDHA. Estos productos aplicados al suelo permanecen solubles, de forma que la planta los puede absorber, teniendo resultados satisfactorios. Sin embargo, este tratamiento presente la desventaja de un alto costo comercial ya que hay que aplicar entre 5 y 10 g por cada 1 m² de follaje de árbol, al suelo. Estos productos son fotolábiles y por lo tanto, aplicarlo justo antes de un riego.

FERTIGACION

En huertos decaídos y en huertos adultos que están plantados en suelos no muy favorables, trabajamos con fertigación, aplicando los siguientes productos y en las siguientes dosis y épocas de aplicación:

Mes	Nitrógeno (K/ha)	Fósforo (K P205/ha)	Potasio (K K20/ha)	Sulfato de Cinc (K/ha)
Agosto	10	10	30	20
Septiembre	10	10	30	30
Octubre*	70	10	30	40
Noviembre	10	10	30	50
Diciembre	10	10	30	50
Enero**	70	10	30	50
Febrero	10	10	30	40
Marzo	10	10	30	30

Abril***	70	10	30	0
Total	270	90	180	310

* La dosis de nitrógeno se aplica en Plena Flor (en 2 a 3 riegos).

** Aplicación de nitrógeno durante el mes de enero.

*** La dosis de nitrógeno en esta época se aplica entre la última semana de abril y la primera semana de mayo.

TOXICIDAD.

No quiero terminar esta discusión sin unas palabras sobre la quemadura de las hojas de palto (tipburn). Este daño es muy frecuente en nuestros huertos, principalmente si son regados con aguas del río Mapocho o del Maipo, y en un grado mínimo los regados con aguas provenientes del río Aconcagua.

Estos daños son causados por excesos de cloruros y compuestos de sodio que se acumulan en las hojas a medida que envejecen, por eso es más notorio en hojas viejas.

La corrección dependerá (si es que se puede hacer) de la causa del problema. Puede ser que el agua de riego traiga excesos de Cloro y Sodio, y entonces el asunto se complica y no hay solución práctica posible. Otras veces, el agua es de bajo contenido de estos elementos tóxicos y se puede lavar el suelo para arrastrar las sales. En ocasiones, durante temporadas de abundancia de agua, el contenido de las sales baja y entonces hay que lavar el suelo.

3. Distancias de plantación:

Con la introducción de la poda en los huertos comerciales de palta Hass en Chile, la distancia de plantación ha ido variando a través del tiempo en forma considerable. Es así que de distancias regularmente amplias de 6 a 7 metros en cuadrado, que posteriormente al hacer raleos sucesivos de plantas terminaban en distancias finales de 12 a 14 metros, se ha variado actualmente a distancias definitivas que van de 5 a 6 x 3 o 5 a 6 x 2 m a plantaciones de 3 x 3m.

Al hacer un análisis de las causas de este avance, se pueden señalar:

- (1) Zona Productiva de los árboles de Paltos: Los paltos en su zona de origen corresponden a árboles de gran tamaño y poco eficientes, ya que se tuvieron que adaptar en su evolución al crecimiento de plantas provenientes de bosques cálidos y lluviosos; en este ecosistema, los paltos miden de 30 a 40 m de altura en el cinturón premontañoso y de 45 a 55 m en las tierras bajas de estos bosques. Arriba de los 1.500 m de altura sobre el nivel del mar, miden entre 20 y 30 m de alto. Una planta nueva procedente de una semilla que ha caído en estos bosques, para lograr recibir luz para su fotosíntesis tiene que desarrollarse vigorosamente y para ello presentan dos a cuatro crecimientos de gran fuerza al año, por otra parte estas plantas presentan altos requerimientos de luz para tener una buena floración. Las mediciones hechas por los israelitas

muestran que no más allá de un metro de la periferia de los árboles es productiva, el follaje que puede haber más adentro no sólo no produce sino que en una primera etapa las hojas que quedan sombreadas son parásitas del resto del árbol, quitándoles los azúcares a las hojas que están haciendo una eficiente fotosíntesis en la parte exterior.

Si observamos las distintas formas en que se maneja el palto, podemos distinguir:

- a) Formas redondas, donde se pierde una gran cantidad de superficie que no produce por falta de luz. Se han hecho podas en copa, aperturas de ventanas y no se ha logrado gran cosa, pues el árbol se vuelve a cerrar con mucha facilidad, obligando a los productores a volver a podar (3 a 4 veces al año), teniendo siempre madera nueva – sin producción.
- b) Una forma de árboles distinta es el hacer podas piramidales (que es la que estamos realizando en los Paltos desde fines de la década del 90), en este caso la pérdida de volumen improductivo en el interior es menor, pero, sólo se obtienen dos planos de producción y a pesar que es más eficiente que el sistema anterior, aún quedan grandes zonas improductivas en la zona central y baja de los árboles. Por otra parte, el ideal en este tipo de plantaciones es hacerla en dirección norte – sur, algo muy difícil de lograr en los cerros.
- c) Cilindro: en este caso la distancia del eje (rama principal) y la periferia de las plantas, no va más allá de 1 m y por lo tanto toda la superficie es productiva. En este caso se obtienen 5 planos de producción (los cuatro costados más la cara en altura) y ha mostrado ser mucho más productiva que en los casos anteriores, por una mayor luminosidad y no tener espacios interiores perdidos. Ver Figura

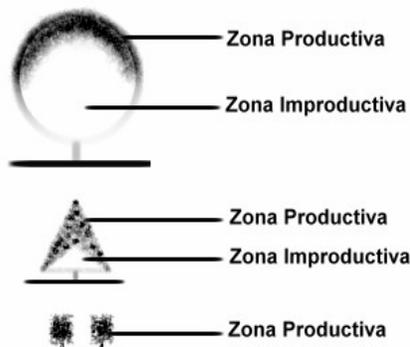


Figura. Distintas formas de conducción en Paltos.

Los resultados de huertos comerciales en plantaciones de alta densidad en California han sido muy interesantes, ya que se ha logrado productividades

entre un 30 y un 50% superiores a las mismas plantaciones, en los mismos huertos y sobre los mismos portainjertos a densidades de plantación tradicionales.

Los huertos californianos comerciales de alta densidad corresponden a las variedades Reed y Lamb Hass. En el primer caso, los huertos más antiguos tienen actualmente 14 años de edad y están plantados a 2,25 x 2,25 m, habiendo llegado a producir en una temporada sobre 65 toneladas por há.

- (2) Competencia: Ya a comienzo de los años 2.000, el investigador sudafricano P.J.C. Stassen, ensaya distintas distancias de plantaciones en paltos, poniéndolos a: 4x1, 4x2, 4x3, 4x4 y 4x6 metros, los resultados demuestran que los árboles a distancias de 1, 2 y 3 metros sobre la línea, se hacen competencia – que implica crecimientos anuales de menor vigor, más florales y más productivos – que plantas distanciadas a 4 o 6 metros, que presentan crecimientos absolutamente libres, con menores producciones y ramas de mayor vigor.

En el huerto de Desarrollo Agrario, ubicado en la localidad de Llay-Llay, se plantaron alrededor de 40 há en enero de 2001 a 6 x 4 m y se dobló la mitad de estas hectáreas en agosto del mismo año, quedando en forma definitiva alrededor de 20 há a 6 x 2 m. En septiembre del año 2003 se cosechó un promedio de 17.400 kilos por há en la plantación doblada, cuando la mitad de las plantas tenían 2 años y la otra mitad 2 años y medio de edad, además volvieron a tener una gran floración en la última primavera (en ramas cortas) y se cosechó 21.700 Kilos en esta temporada (2004), a esta plantación aún le quedan 2 a 2,5 metros libres de follaje entre las líneas de las plantas. En la plantación contigua a 6 x 4 m del mismo año de plantación, se logró sólo 9.900 K en el 2003 y 18.800 en el 2004, además, los árboles han crecido fuertemente, obligándonos a podar por primera vez durante este otoño.

- (3) La idea de la plantación en cerros es: **OBTENER GRANDES PRODUCCIONES FÁCILES DE COSECHAR**. Actualmente en California el segundo ítem de mayor costo de una plantación es la cosecha (el primero es el costo del agua que está alrededor de US\$ 5.000 por há), costando cada kilo cosechado en cerros en plantaciones adultas entre US\$ 0,4 y 0,5 (si calculamos una producción de sólo 10.000 K por há, el costo de cosecha alcanza los 4.000 a 5.000 dólares por há). En la medida que nuestro país se desarrolle, cada vez será más importante el costo de la Mano de Obra.

Mientras mayor es la distancia de plantación, mayor es la altura final de los árboles y por lo tanto mayor el costo de cosecha y de poda. Con las plantaciones de Lamb Hass y Reed que existen en California plantadas a cortas distancias (2,25 x 2,25 m) y podadas a 2 m de altura, han logrado rebajar el costo de cosecha a sólo US\$ 0,08 el kilo, como además han logrado más cosecha por há y por lo tanto, una cosecha con más cantidad de frutas por m² de follaje, cada cosechero es capaz de recolectar entre 4 a 6 bins al día.

Todas las labores – como poda y cosecha – se hacen desde el suelo, sin usar escaleras u otros sistemas de cosecha y facilitando enormemente la poda, abaratando los costos finales.

Por otra parte, en California en los últimos 10 años han entrado tres nuevas plagas, que han dañado fuertemente el cultivo en cerros por la dificultad de tratarlos químicamente – algo a lo que nosotros también estamos expuestos – además en las últimas temporadas ha habido dificultades para conseguir helicópteros para realizar estas pulverizaciones; los productores con huertos bajos, han pulverizado con Bomba Manual de Espalda, salvando la producción.

- (4) Profundidad de Suelo: La profundidad que presentan los suelos de nuestros cerros en la zona central es en general bastante irregular y escasa, a mayor distancia de plantación, mayor necesidad de suelo, pues las plantas para poder llenar el espacio asignado deberán crecer fuertemente y eso implica un mayor crecimiento radicular y en profundidad (no existiendo en muchos de los casos de plantaciones en cerros la profundidad de suelo requerida para que ello ocurra), por lo tanto, los árboles se decaerán – principalmente después de inviernos lluviosos – antes de llenar este espacio o una vez que han alcanzado su máximo crecimiento. Una posible solución a este problema ha sido el uso de suelos encamellonados.

Se supone que en estas plantaciones que se llevan fuertemente podadas el crecimiento radicular es menor y que por lo tanto se requeriría menor profundidad de suelo efectiva.

- (5) Orientación de las plantaciones: Como se trata de plantaciones en que cada árbol es manejado en forma individual y la idea es que mediante la poda, las plantas tengan una iluminación por todas las caras – incluyendo la parte superior, no es necesario buscar la orientación norte – sur, tan difícil de lograr en plantaciones piramidales plantadas en cerros con distintas pendientes, especialmente si estos cerros han sido anteriormente encamellonados.

La poda, que se realiza dos a tres veces en el año, es simple, pues es mantener una altura predeterminada (2 metros) y se eliminan las ramas que ya han producido frutas, reemplazándolas por otras nuevas y pintando las ramas para evitar excesivos crecimientos, todas estas labores se realizan a pie a nivel del suelo.

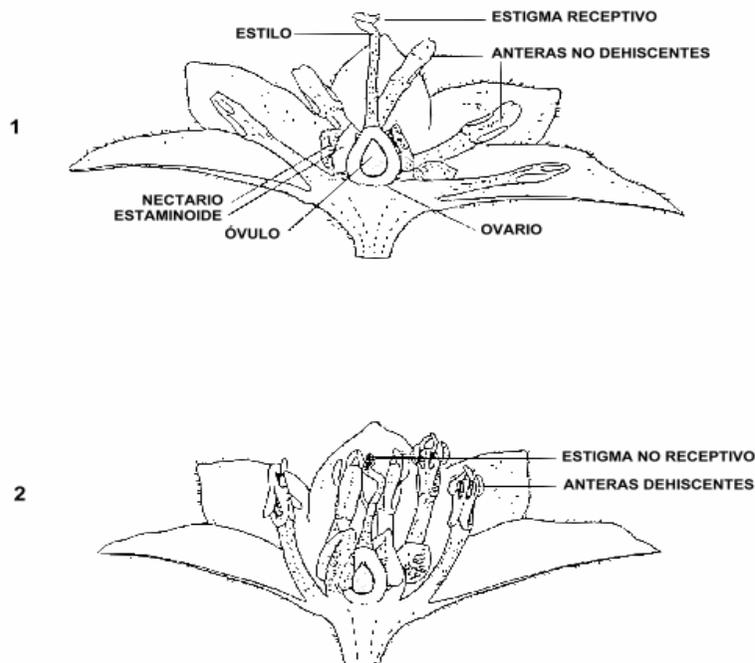
4. Floración:

El palto presenta un comportamiento floral muy particular conocido como dicogamia protógina de sincronización diurna.

La dicogamia implica que las partes femeninas y masculinas maduran a destiempo. Todas las flores son masculinas o femeninas a un mismo tiempo; vale decir, el comportamiento es sincronizado y esta sincronía es diurna, porque cada árbol es funcionalmente masculino en una parte del día y funcionalmente femenino la otra parte del mismo día, aunque en zonas frías de Chile esto no es así, ya que

parte del ciclo se puede desarrollar en la noche. Finalmente, la dicogamia es protogínea ya que, en la flor, la parte femenina (el pistilo) madura antes que la masculina (los estambres)

Por lo tanto, la flor del palto abre dos veces, la primera vez lo hace al estado femenino, presentando el pistilo bien erguido y sobresaliente, con el estigma o superficie receptiva del polen, está brillante, blanca y aparentemente receptiva; los estambres están acostados y cerrados. Luego cierra, para abrir por segunda vez al día siguiente, donde el estigma no está receptivo, generalmente de color oscuro

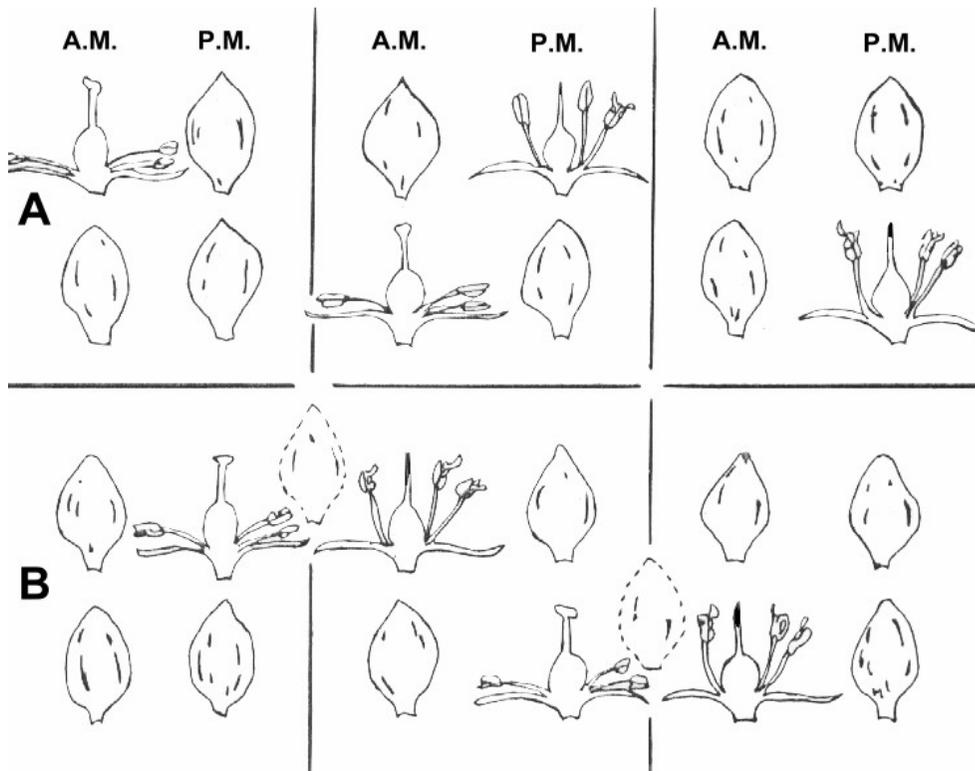


FLOR DE PALTO. 1 estado femenino. 2 estado masculino

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

En las variedades tipo A, las flores abren primero al estado femenino durante la mañana, actuando exclusivamente como hembra. Luego cierran completamente y vuelven a abrir al estado masculino en la tarde del día siguiente.

En cultivares tipo B, las flores abren al estado femenino en la tarde, luego cierran y vuelven a abrir al estado masculino en la mañana del día siguiente, tal como lo muestra la siguiente Figura



Pareciera que con esta dicogamia, la planta intenta que no cuaje la flor con su mismo polen y por lo tanto tiende a favorecer la polinización cruzada entre cultivares complementarios. Sin embargo, la dicogamia rara vez es absoluta y por lo tanto suele ocurrir autopolinización, proviniendo de esta forma fruta tanto de polinización cruzada como de autopolinización.

Dentro de esta clasificación en cultivares tipo A y B, las variedades Hass, Méxicocola, Pinkerton, Rincon, Reed, Gwen y Esther pertenecen al grupo A; mientras que las variedades Fuerte, Bacon, Edranol, Ettinger, Zutano y Whitsell pertenecen al grupo B.

El ciclo floral del palto es dependiente de la temperatura, siendo más sensible los cultivares tipo B, que aquellos del tipo A. La temperatura óptima para el desarrollo normal del ciclo floral para las variedades tipo B es de 25°C como máxima diaria y más de 10°C como mínima nocturna. Los cultivares tipo A se adaptan a una máxima diaria de 20°C y una mínima nocturna de 10°C, sin interrupción del ciclo floral.

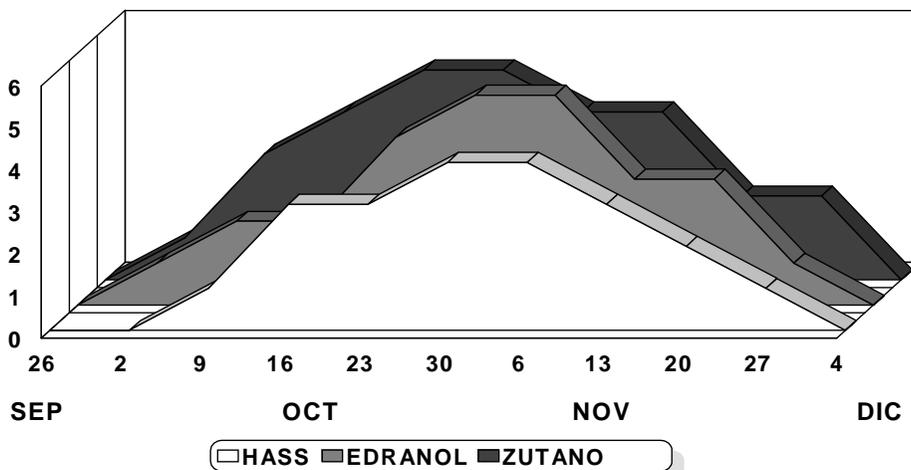
USO DE POLINIZANTES

Al ser considerado el palto una planta de polinización cruzada dada la sincrónica dicogamia natural de su floración, para asegurar una adecuada polinización y óptimas producciones, se ha recomendado la plantación de dos cultivares complementarios en el mismo cuartel, postulándose que cuando dos cultivares de flores complementarias se encuentran en proximidad, suele ocurrir polinización cruzada en un alto porcentaje, y la mayoría de las semillas producidas son de origen híbrido.

La mayor consideración a tener en la elección de la variedad polinizante, es asegurar que los cultivares se traslapen en el período de floración y que sean de floración complementaria, para que el polen esté disponible cuando las flores femeninas estén abiertas.

Esto se ha medido en Chile, encontrándose un muy buen traslape entre la variedad Hass y sus principales polinizantes: Edranol, Zutano y Bacon, como lo muestra la siguiente Figura.

Período e intensidad de floración de Hass, Edranol y Zutano en Quillota



U.C.V.Quillota.1995.

Ha sido una práctica común el plantar cortinas de variedades polinizantes como cortavientos, sin embargo, pareciera que han servido más como polinizantes que como defensa contra el viento. Se ha planteado también, el injertar una parte de los brazos principales del árbol con la variedad polinizante, pero es complicado su manejo ya que no es práctico por los problemas que acarrea, como cosechar fruta de las ramas del polinizante y que estas ramas injertadas pueden sobrecrecer

respecto de la variedad principal o viceversa, creándose problemas de sombreamientos.

Es posible que los beneficios de la polinización cruzada sean mostrados más fuertemente en algunos años, más que en otros o en zonas de temperaturas más frías en la primavera. En años donde un huerto dado tiene un considerable traslape entre las flores en estados 1 y 2, puede haber poca necesidad de polinización cruzada. Pero en años donde la temperatura provoca una fuerte separación de estados, es importante tener ambos estados florales en el huerto.

Este argumento podría avalar la plantación de árboles polinizantes como medida de seguridad para años cuando el traslape de floración no ocurre.

Se ha encontrado que, cuando muchas variedades son plantadas adyacentes a un cultivar principal, se obtienen altas y significativas producciones. El efecto está limitado, sin embargo, a las primeras hileras adyacentes al donador de polen, especialmente los que tienen brazos traslapados. La polinización cruzada podría ser la principal causa del aumento en las producciones.

Al respecto, en Israel reportan que un huerto plantado con Hass en un bloque compacto vecino a un huerto de Ettinger, mostró durante cuatro años seguidos un significativo aumento en la producción en los árboles más cercanos a aquellos de Ettinger, hasta una distancia de 18 m y esta llegó a ser menor mientras aumentaba la distancia. Según los autores, las hileras de Hass bordeando a los árboles Ettinger produjeron 17 a 20 ton/ha anualmente. A una distancia de 50 m, la producción disminuyó a un nivel de 8-10 ton/ha. Más allá de 50 m de los Ettinger, la producción decreció a 5 ton/ha. Este efecto fue observado durante cuatro años. Para confirmar el efecto de polinización de Ettinger sobre Hass, se realizaron análisis isoenzimáticos. Los resultados mostraron polinización cruzada en un 90% de los frutos de Hass generados por polinización con Ettinger, probando así la debilidad de Hass como autopolinizante. No obstante lo anterior, los Hass de la primera fila al lado de los Ettinger dieron un 10% que los de la segunda corrida y un 23% más que los de la tercera fila.

Una forma de explicar el buen rendimiento obtenido en huertos que son 100 % Hass, es debido a que árboles complementarios pueden estar a una distancia considerable desde la variedad principal y aún proveer polen para ellos. La mayoría de los huertos, incluso los bloques sólidos de Hass, tienen algunos árboles de otras variedades, árboles de semilla o árboles los cuales han sido dañados por heladas u otras causas presentando rebrotes desde el patrón. La totalidad de ellos pueden proveer polen para cruzamientos.

Al respecto, en California se reportó que en la década del 90 que la producción de paltas por há. fue declinando año tras año. Posiblemente debido a que los árboles de las variedades productoras "piden prestado" polen desde árboles complementarios distantes. Pero la reconversión de otras variedades a Hass continuó a lo largo de esa década, así comenzó a disminuir la producción porque

la polinización cruzada casi no existió. Se ha reportado que las producciones más bajas son aquellas en donde sólo se ve Hass en muchos kilómetros a la redonda. Como se sabe, el polen puede viajar cientos de metros desde las variedades complementarias, unos pocos árboles de otra variedad bien espaciados por huerto de Hass, podrían hacer una tremenda diferencia en la producción de este cultivar.

Hay interesantes resultados de Polinización cruzada en California, en estudios llevados a cabo por Mary Lu Arpaia y que fueron publicados por Lorena Peña en la Revista Avance Agrícola de Julio de 2005.

Actualmente se prueba en Chile el uso de Abejorros, específicamente la especie *Bombus terrestris*, basado en ensayos realizados por el Dr. Gad Ish-am en Israel que muestran un incremento en la cantidad de frutas por há, cuando se agregan cajones de *Bombus* a la polinización normal con abejas en 3 de los 5 años ensayados.