



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE AGRONOMÍA

MEMORIA DE TITULO

**ANALISIS QUÍMICO DE FLORES
Y FRUTOS PARA EL DIAGNÓSTICO
DE LA NUTRICIÓN MINERAL
EN PALTO (*Persea americana* Mill.)**

CECILIA ANDREA GRANGER BARAHONA

SANTIAGO - CHILE
2001

CONTENIDO

RESUMEN	1
SUMMARY	2
INTRODUCCIÓN	3
Objetivos	3
MATERIALES Y MÉTODO	4
Análisis estadístico	5
PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	6
Concentración mineral en los tejidos	6
Concentración de elementos minerales en los tejidos.....	6
Dispersión en la concentración de los elementos.....	7
Relación entre tejidos.....	8
Relación entre elementos minerales en los tejidos y producción de fruta.....	9
Relación entre parámetros del fruto y del árbol.....	11
CONCLUSIONES	14
LITERATURA CITADA	15
ANEXO I.....	17

RESUMEN

En el presente ensayo, realizado en la Zona Central de Chile, desde Cabildo (latitud 32°26' sur) a Peumo (latitud 34°07' sur), se analizaron hojas, inflorescencias, pedúnculos, frutos (pulpa sin piel) y semillas de palto (*Persea americana* Mill.) var. Hass, como posible herramienta de diagnóstico nutricional. Para ello se muestrearon 18 árboles seleccionados en 14 huertos, de entre 4 a 10 años de edad. En cada árbol, individualmente, se colectaron 30 hojas, 30 inflorescencias, 12 pedúnculos y 12 frutos, a inicios de floración entre agosto y septiembre de 1998. Además, se midió el perímetro del tronco para determinar el área de sección transversal de tronco, y la producción, tanto en kilos como en número de frutos. A los frutos de la muestra se les midió el peso, largo y ancho. En los diferentes tejidos se determinó la concentración de 11 elementos minerales: N, P, K, Ca, Mg, Cl, Na, Mn, Zn, Cu y B.

Se utilizaron tres parámetros para evaluar los diferentes tejidos: la concentración de cada elemento en los tejidos, el grado de dispersión en la concentración del elemento y el coeficiente de correlación entre la concentración de cada elemento en los diferentes tejidos. A mayor valor en el parámetro, mejor sería el tejido para diagnóstico nutricional.

Se observó que la inflorescencia presentaba la mayor concentración de N, P, K, Zn, Cu y B. Por su parte, la hoja presentó el nivel más alto de Ca, Mg, Cl y Mn, mientras que el pedúnculo tuvo la más alta concentración de Na.

El pedúnculo, fue el tejido con mayor grado de dispersión en la concentración de N, P, K, Mg, Mn, Zn y B. La hoja presentó la mayor dispersión en Cl y Cu, mientras que el fruto lo hizo en Ca y Na.

El fruto, seguido por el pedúnculo, fueron los tejidos cuya concentración de elementos más se relacionó con la concentración mineral en los demás tejidos analizados.

Se encontró una relación positiva entre la concentración de boro y sodio en el pedúnculo y la productividad del árbol. A mayor concentración de boro, mayor fue la productividad. En el sodio se dio similar tendencia hasta cierta concentración, después de lo cual comenzó a descender la productividad.

Estos resultados permiten concluir, que tejidos diferentes a la hoja, especialmente el pedúnculo del fruto y la flor, presentan buenas posibilidades para diagnóstico nutricional en palto.

Adicionalmente, se encontró que a mayor productividad del árbol, mayor fue el peso promedio del fruto. El peso y el ancho del fruto estuvieron altamente correlacionados.

Palabras clave: Hass, análisis foliar, análisis de pedúnculo, análisis de inflorescencia, producción de fruta.

SUMMARY

Leaves, inflorescences, peduncles, fruits (skinless pulp) and seeds of avocado (*Persea americana* Mill.), cv. Hass, were analyzed as a possible tool for nutritional diagnosis. The trial was conducted in the Central Zone of Chile, between Cabildo (32°26' south lat.) and Peumo (34°07' south lat.) localities. For this purpose 18 trees were sampled in 14 four-to-ten year-old groves. In each tree 30 leaves, 30 inflorescences, 12 peduncles, and 12 fruits were collected at bloom initiation from August to September, 1998. Besides, the trunk perimeter was measured to determine the trunk cross sectional area and production was recorded, both in kilograms and fruit number. Weight, length and width of the sampled fruit were measured. The concentration of 11 mineral elements (N, P, K, Ca, Mg, Cl, Na, Mn, Zn, Cu, and B) was determined in the different tissues.

Three parameters were used to evaluate the different tissues: the concentration of each element in them, the dispersion degree in the element concentration, and the relation in the concentration of each element among the different tissues. The higher the value in the parameter, the better the tissue for nutritional diagnosis would be.

It was observed that inflorescences presented the highest concentration of N, P, K, Zn, Cu, and B. The leaf, in turn, presented the highest level of Ca, Mg, Cl, and Mn, while the peduncles had the highest Na concentration.

Peduncle tissue had the highest dispersion degree in the concentration of N, P, K, Mg, Mn, Zn, and B. Leaf tissue presented the highest Cl and Cu dispersion, whereas fruit tissue did it in Ca and Na.

The fruit, followed by the peduncle were the tissues which related most with the other tissues analyzed in its mineral concentration.

A positive relation was found between the B and Na concentration in the peduncle and yield efficiency of the tree. The higher the boron concentration, the highest was the yield efficiency. Similar tendency was observed in sodium until certain concentration after which, yield efficiency began to decrease.

These results allow to conclude that, other tissues than leaf, mainly fruit peduncle and flower, present good possibilities for nutritional diagnosis in avocado.

In addition, it was found that the greater the yield efficiency, the greater the mean fruit weight. Fruit weight and width were highly correlated.

Key words: Hass, foliar analysis, peduncle analysis, inflorescence analysis, fruit production.

INTRODUCCIÓN

En cualquier cultivo intensivo, la fertilización resulta una de las prácticas imprescindibles para conseguir una adecuada regularidad productiva, ya que si bien el suelo es capaz de suministrar en cantidad suficiente algunos de los elementos esenciales para la vida vegetal, en la generalidad de los casos resulta insuficiente para cubrir la demanda de la planta por otros elementos nutritivos. A esta situación debe añadirse que no todas las plantas presentan la misma capacidad para absorber los nutrientes asimilables del suelo.

Hasta ahora la mejor herramienta para determinar el abastecimiento de un elemento en las plantas ha sido el análisis foliar, que consiste en determinar la concentración de elementos minerales de las hojas y luego compararla con el estándar preestablecido para cada especie (Razeto, 1999; Silva y Rodríguez, 1995). En el caso del palto, para hacer un diagnóstico de rutina o un programa de mantención general, se deben tomar muestras de hojas terminales, del ciclo de primavera, de 5 a 7 meses de edad, desde todos los lados del árbol, de brotes sin flores ni frutos (Jones and Embleton, 1978; Razeto, 1999; Silva y Rodríguez, 1995).

Entre las limitaciones del análisis foliar como herramienta de diagnóstico se deben mencionar su inexactitud en plantas jóvenes, su poca utilidad para determinar la disponibilidad de hierro y también su información errática al emplearlo en plantaciones que han recibido durante la temporada aspersiones con fertilizantes foliares o con pesticidas que contienen elementos minerales esenciales (Lucena, 1997; Razeto, 1999). El cambio de ubicación de las hojas en el árbol a medida que los brotes crecen, también causa imprecisiones en el proceso de recolección de muestras y en la posterior interpretación de los resultados.

Otros órganos o tejidos pueden ser muestreados en vez de hojas. El análisis de frutos en manzano, un par de semanas antes de la cosecha, ha demostrado ser una medida útil para detectar oportunamente el grado de perecibilidad y susceptibilidad a problemas fisiológicos de post-cosecha (Razeto, 1999; Silva y Rodríguez, 1995; Demetriades *et al.*, 1963 y Wills *et al.*, 1976, citados por Lucena, (1997)). El análisis floral puede ser considerado como alternativa para diagnosticar niveles nutricionales en árboles frutales por experiencias realizadas en España e Italia (Montañes *et al.*, 1997; Sanz *et al.*, 1997). Por su parte, Nyoamara and Brown (1997) señalan que el análisis de boro en el "pelón" de la almendra sería un buen indicador del nivel de este elemento en el árbol. En el caso de la vid, el análisis del raquis del racimo, ha sido reportado como promisorio para determinar el nivel de abastecimiento de nitrógeno y potasio (Fregoni, 1980). Estos antecedentes abren una ventana a la investigación, para llegar a utilizar tejidos diferentes a la hoja como herramienta de diagnóstico.

Objetivo

El objetivo del presente estudio fue evaluar los contenidos minerales de la flor y de los tejidos del fruto (pedúnculo, pulpa y semilla) de palto variedad Hass, para su utilización como alternativa de diagnóstico nutricional en esta especie.

MATERIALES Y MÉTODO

Esta investigación se realizó con paltos variedad Hass de cuatro a diez años de edad, injertados sobre patrón Mexícola, en seis zonas geográficas diferentes, comprendidas entre las regiones V, Metropolitana y VI, entre las localidades de Cabildo (latitud 32°26'sur) por el norte y Peumo (latitud 34°07'sur) por el sur (Cuadro 1).

Cuadro 1. Ubicación geográfica de los árboles utilizados en esta investigación.

Región	Localidad	Nº de huertos	Nº de árboles/huerto
V Región de Valparaíso	Cabildo	Huerto 1	2
		Huerto 2	1
	Quillota	Huerto 3	2
		Huerto 4	1
		Huerto 5	1
		Rocas de Santo Domingo	Huerto 6
Región Metropolitana	Mallarauco	Huerto 7	2
		Huerto 8	1
		Huerto 9	1
	Bollenar	Huerto 10	1
	Paine	Huerto 11	1
VI Región del Libertador B. O'Higgins	Peumo	Huerto 12	1
		Huerto 13	1
		Huerto 14	1

En cada zona se consideraron entre uno a tres huertos, sumando 14 en total. En cada uno de ellos se seleccionó uno o dos árboles, para totalizar 18, en los cuales se realizaron el muestreo y las mediciones.

El muestreo se realizó durante agosto y septiembre de 1998, en el momento del inicio de floración en el huerto, recolectando desde cada árbol 30 hojas, 30 inflorescencias (en adelante también flores) y 12 frutos. Las muestras se colectaron desde la periferia del árbol, en todos los puntos cardinales y a la altura del brazo estirado. Las hojas seleccionadas, con su pecíolo adherido, provenían del brote desarrollado la primavera anterior, quinta a séptima hoja contando desde el ápice del brote. Las inflorescencias se recogieron en un estado intermedio entre el estado B y C de las fases de floración según Álvarez de la Peña (1981) y Rodríguez (1992) (Anexo 1), mientras que los frutos fueron tomados con pedúnculo, en un estado cercano a su madurez de cosecha.

Cada muestra se envasó en bolsas de papel, y fue llevada inmediatamente al laboratorio de Análisis Foliar de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, donde se realizaron los análisis.

Antes de analizar el contenido mineral, los frutos fueron pesados individualmente con una balanza electrónica y se midieron con un pie de metro, en el largo y ancho de ellos. Para el análisis químico fueron lavados con agua destilada; pelados, se les extrajo la semilla, y fueron trozados para secarlos en estufa con circulación forzada de aire a temperaturas entre 70 y 75°C, por 60 horas. Las semillas de cada muestra fueron pesadas y posteriormente secadas en estufa.

Las muestras de hojas y flores fueron lavadas, por unos segundos con agua destilada y luego tuvieron dos enjuagues con agua bidestilada. En caso de existir presencia de polvo, se usó un detergente neutro en el primer lavado. Luego fueron secadas en bolsas de papel en estufa de circulación forzada de aire, con temperaturas entre 70 a 75°C, por 36 horas.

Posteriormente, las muestras fueron molidas y envasadas en frascos de vidrio con tapa plástica hermética, y llevadas a almacenamiento en una desecadora de vidrio.

En síntesis, los tejidos utilizados para análisis químico fueron: hojas con pecíolo, inflorescencias, pedúnculos, pulpa de frutos sin piel, y semillas.

Se determinó el contenido de los siguientes elementos minerales: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), manganeso (Mn), cinc (Zn), cobre (Cu), boro (B), cloruros (Cl) y sodio (Na). Se usó método de Kjeldahl para el nitrógeno, espectrocolorimetría para el fósforo y boro, fotometría de llama para el potasio y sodio, potenciometría para cloruros y espectrofotometría de absorción atómica para el calcio, magnesio y los microelementos catiónicos.

En terreno se midió el perímetro de tronco sobre la unión patrón-injerto, con una huincha de medir, calculándose el área de sección transversal de tronco (ASTT). También se determinó la producción total del árbol, tanto en kilos de fruta cosechada, como en número de frutos obtenidos.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante análisis de regresión y correlación. Se usó análisis de regresión simple para las funciones de tipo lineal y regresión múltiple para las funciones no lineales.

En los análisis de correlación se utilizó el coeficiente de Pearson (r).

PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Concentración mineral en los tejidos

En el Cuadro 2 se presentan los valores promedio de los 18 árboles para los diferentes elementos minerales en cada tejido.

Cuadro 2. Concentración de elementos minerales en los distintos tejidos vegetales analizados, base peso seco. Promedio de 18 muestras.

Elementos minerales	Hoja	Flor	Pedúnculo	Fruto	Semilla
Nitrógeno (%)	2,13 ($\pm 0,22$) ¹	3,18 ($\pm 0,33$)	0,81 ($\pm 0,32$)	0,99 ($\pm 0,16$)	0,56 ($\pm 0,08$)
Fósforo (%)	0,12 ($\pm 0,016$)	0,23 ($\pm 0,03$)	0,08 ($\pm 0,02$)	0,16 ($\pm 0,03$)	0,11 ($\pm 0,02$)
Potasio (%)	0,62 ($\pm 0,19$)	1,7 ($\pm 0,24$)	0,88 ($\pm 0,44$)	1,42 ($\pm 0,33$)	0,81 ($\pm 0,12$)
Calcio (%)	1,93 ($\pm 0,35$)	0,57 ($\pm 0,09$)	0,24 ($\pm 0,04$)	0,09 ($\pm 0,03$)	0,04 ($\pm 0,01$)
Magnesio (%)	0,42 ($\pm 0,12$)	0,19 ($\pm 0,03$)	0,06 ($\pm 0,03$)	0,09 ($\pm 0,01$)	0,05 ($\pm 0,01$)
Sodio (%)	0,01 ($\pm 0,0014$)	0,01 ($\pm 0,004$)	0,023 ($\pm 0,016$)	0,016 ($\pm 0,012$)	0,004 ($\pm 0,0003$)
Cloruros (%)	0,255 ($\pm 0,26$)	0,033 ($\pm 0,024$)	0,113 ($\pm 0,092$)	0,026 ($\pm 0,024$)	0,015 ($\pm 0,01$)
Manganeso (ppm)	102,75 ($\pm 67,86$)	36,95 ($\pm 19,22$)	5,58 ($\pm 3,74$)	7,16 ($\pm 2,71$)	5,94 ($\pm 1,63$)
Cinc (ppm)	21,31 ($\pm 4,37$)	68,64 ($\pm 20,91$)	9,56 ($\pm 4,28$)	23,77 ($\pm 4,98$)	12,44 ($\pm 2,67$)
Cobre (ppm)	10,4 ($\pm 4,29$)	29,01 ($\pm 5,46$)	8,12 ($\pm 2,19$)	14,25 ($\pm 4,55$)	8,12 ($\pm 2,19$)
Boro (ppm)	18,27 ($\pm 5,83$)	64,27 ($\pm 28,29$)	25,94 ($\pm 24,15$)	60,08 ($\pm 41,85$)	10,58 ($\pm 7,48$)

¹ Desviación estándar.

Para analizar las posibilidades de cada tejido como herramienta de diagnóstico nutricional, se utilizarán principalmente tres criterios: la concentración de los elementos en el tejido, el grado de dispersión de la concentración de cada elemento en el tejido y el grado de relación (coeficiente de correlación) existente en la concentración de cada elemento entre los diferentes tejidos.

Concentración de elementos minerales en los tejidos

El grado de concentración del elemento en el tejido, puede constituir un criterio interesante de validación como herramienta de diagnóstico nutricional. Nyoamara and Brown (1997) señalan al pelón de la almendra como interesante de estudiar, para determinar el grado de abastecimiento de boro en el árbol del almendro, precisamente por ser el tejido donde más se acumula el elemento. También respalda a la concentración del elemento el hecho que mientras más alta es ésta en el tejido, menor es el grado de precisión que se requiere en el proceso de análisis químico y menos influencia en el resultado final tendría una eventual contaminación de

la muestra, en algunas de las etapas por las que ésta pasa desde el campo hasta su análisis final en el laboratorio.

Según este criterio, y según la sucesión expresada en el Cuadro 3, la flor aparece como un tejido interesante para análisis de nitrógeno, fósforo, potasio, cinc, cobre y boro.

Cuadro 3. Ordenamiento de los tejidos, de mayor a menor, según la concentración de cada elemento.

Elemento	Orden relativo								
Nitrógeno	Flor	>	Hoja	>	Fruto	>	Pedúnculo	>	Semilla
Fósforo	Flor	>	Fruto	>	Hoja	>	Semilla	>	Pedúnculo
Potasio	Flor	>	Fruto	>	Pedúnculo	>	Semilla	>	Hoja
Calcio	Hoja	>	Flor	>	Pedúnculo	>	Fruto	>	Semilla
Magnesio	Hoja	>	Flor	>	Fruto	>	Pedúnculo	>	Semilla
Sodio	Pedúnculo	>	Fruto	>	Hoja	>	Flor	>	Semilla
Cloruros	Hoja	>	Pedúnculo	>	Flor	>	Fruto	>	Semilla
Manganeso	Hoja	>	Flor	>	Fruto	>	Semilla	>	Pedúnculo
Cinc	Flor	>	Fruto	>	Hoja	>	Semilla	>	Pedúnculo
Cobre	Flor	>	Fruto	>	Hoja	>	Semilla	>	Pedúnculo
Boro	Flor	>	Fruto	>	Pedúnculo	>	Hoja	>	Semilla

Por su parte, la hoja sería la más indicada para calcio, magnesio, cloruro y manganeso, mientras que el pedúnculo lo sería para sodio.

Desde otro punto de vista, el bajo nivel de potasio que se encontró en la hoja y su alta concentración en el fruto, confirmaría la enorme competencia que ejerce este órgano con la hoja por el uso de este elemento (Chapman, 1968; Razeto, 1999; Smith and Reuther, 1953).

Dispersión en la concentración de los elementos

La variabilidad existente en la concentración del elemento en la población de árboles analizados, tal vez sea mejor criterio para indicar cuál es el tejido adecuado para diagnóstico de estado nutricional, pues representaría la sensibilidad del tejido para detectar diferencias entre árboles o entre huertos.

De acuerdo a este criterio, según los coeficientes de variación obtenidos (Cuadro 4), el pedúnculo aparece como el tejido más sensible para diagnosticar nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, manganeso, cinc y boro. La hoja sería más indicada para análisis de cloruro y cobre, mientras que el fruto lo sería para calcio y sodio.

Cuadro 4. Coeficiente de variación de los elementos minerales en los distintos tejidos analizados.

Elemento	Coeficiente de Variación (%)				
	Hoja	Flor	Pedúnculo	Semilla	Fruto
Nitrógeno	10,3	10,4	39,5	14,3	16,2
Fósforo	13,3	13,0	25,0	18,2	18,8
Potasio	30,4	14,1	50,0	14,8	23,2
Calcio	18,1	15,8	16,7	25,0	33,3
Magnesio	30,0	15,8	50,0	20,0	11,1
Sodio	12,7	36,4	69,6	7,5	75,0
Cloruros	101,2	72,7	81,4	66,7	92,3
Manganeso	66,0	52,0	67,0	27,4	37,9
Cinc	20,5	30,5	44,8	21,5	21,0
Cobre	41,3	18,8	30,4	27,0	31,9
Boro	31,9	43,7	93,1	70,7	69,7

Relación entre tejidos

El grado de relación en el nivel de un elemento en determinado tejido con el que existe en otros tejidos, también puede constituir un factor de respaldo al uso de éste como indicador nutricional. Mientras mayor es el número de tejidos con que se relaciona, mayor sería su confiabilidad para su uso en análisis de diagnóstico.

En el Cuadro 5 se señalan los valores de coeficientes de determinación (R^2), destacándose los que, en mayor o menor grado, resultaron significativos para cada elemento ($R^2 \geq 0,5$). No se consideró la semilla por formar parte del fruto y, además, por ser un tejido que no se ve como promisorio según los parámetros anteriores.

De los tejidos considerados, el fruto figura con 14 correlaciones significativas ($R^2 \geq 0,5$), el pedúnculo con 13, la hoja con 12, la flor con 11, siendo cloruro, manganeso y boro los elementos con mayor número de correlaciones y fósforo y calcio aquellos donde no se observó ninguna relación válida estadísticamente. En el caso de los cloruros, manganeso y boro, existieron seis correlaciones entre los diferentes tejidos, siendo los elementos que presentaron relación en todos los tejidos analizados. Les siguen el cobre con 2 correlaciones y el nitrógeno, potasio, magnesio, sodio y cinc con una correlación.

Según este criterio, el fruto sería el tejido más representativo del estado nutricional del árbol, seguido muy de cerca por el pedúnculo, la hoja y la flor.

Cuadro 5. Coeficientes de determinación (R^2) entre la concentración de elementos minerales en los tejidos.

Relación	H - P	H - Fl	H - Fr	Fl - P	Fl - Fr	P - Fr
Nitrógeno	ns ⁽¹⁾	ns	ns	ns	ns	0,77
Fósforo	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Potasio	ns	ns	0,63	ns	ns	0,31
Calcio	0,18	ns	0,36	0,26	ns	ns
Magnesio	ns	0,91	ns	0,31	0,35	ns
Sodio	ns	ns	ns	ns	ns	0,52
Cloruros	0,91	0,83	0,89	0,86	0,81	0,88
Manganeso	0,96	0,96	0,95	0,87	0,84	0,82
Cinc	0,96	ns	0,45	ns	ns	ns
Cobre	ns	ns	ns	ns	0,58	0,54
Boro	0,88	0,71	0,81	0,54	0,54	0,67

H: Hoja Fl: Flor P: Pedúnculo Fr: Fruto

(1) ns: sin correlación significativa entre las variables

Relación entre elementos minerales en los tejidos y producción de fruta

Sólo dos elementos mostraron una relación significativa con la productividad del árbol. Uno de ellos fue el boro, con un $R^2 = 0,5$ en el caso del pedúnculo y $R^2 = 0,4$ en el fruto. En la Figura 1 se puede observar el incremento en la productividad a medida que aumentó la concentración de boro en el pedúnculo. Este resultado obedecería al positivo efecto que tiene el boro sobre la cuaja de frutos, pues conocida es la participación de este elemento en la germinación del polen y posterior desarrollo del tubo polínico (Feucht, 1967; Jaganath and Lovatt, 1998; Nielsen and Nielsen, 1997; Razeto, 1999 y Robbertse *et al.*, 1990).

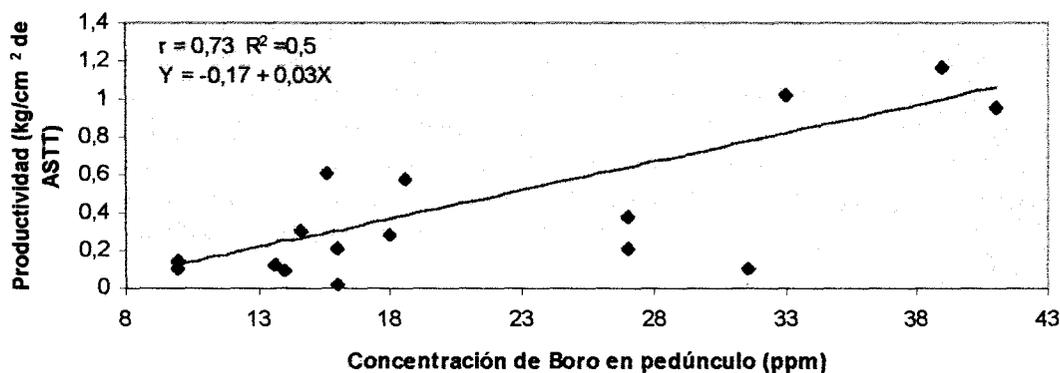


Figura 1. Productividad en función de la concentración de boro en el pedúnculo.

La otra correlación importante de destacar es la que existió entre el nivel de sodio peduncular y la productividad (Figura 2). A partir de 0,01% de Na, la productividad fue en aumento. Sin embargo, niveles de 0,06% de Na ya afectaron este parámetro.

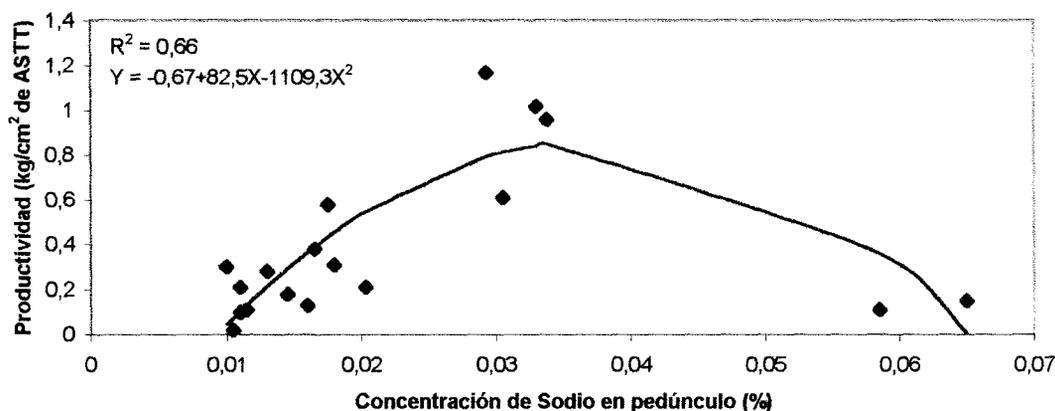


Figura 2. Productividad (kg de fruta/ cm² de ASTT) en función de la concentración de sodio en el pedúnculo.

La relación que existió entre el nivel de boro y sodio en el pedúnculo con la producción de fruta, apoya a este tejido para su empleo en el diagnóstico nutricional del palto, al menos con relación a estos dos elementos.

Una ventaja adicional del pedúnculo, radica en el hecho de que es un tejido que se desarrolla y va madurando siempre en el mismo lugar del árbol, independiente de los ciclos de emisión de brotes, de la caída de hojas y del crecimiento de brotes y ramas en longitud. Además este tejido no se encuentra tan expuesto a las aspersiones de productos químicos que pueden, en determinadas ocasiones, distorsionar los análisis de elementos minerales. Esta característica representa una ventaja como tejido de diagnóstico, pues la hoja está permanentemente sujeta a las fuentes de variación señaladas, lo que dificulta el muestreo y la interpretación de resultados. No deja de ser interesante también el hecho que es el pedúnculo el tejido por donde el fruto es abastecido de nutrientes. El fruto, que es el órgano destinatario final del manejo de todo huerto frutal, en gran medida depende en su tamaño y calidad, de los nutrientes que recibe, los cuales necesariamente pasan por el pedúnculo. A esto se debe agregar el gran tamaño que el pedúnculo tiene en el palto, hecho que facilita su recolección y además permite sacrificar un número limitado de frutos cuando se realiza el muestreo.

Para avanzar en el uso del pedúnculo como herramienta de diagnóstico nutricional, será preciso fijar la época óptima de muestreo y los niveles estándares necesarios para la interpretación de los resultados analíticos. El primer punto se obtiene determinando aquel periodo del año en que la mayoría de los elementos se presentan más estables en el tejido y tienen menor variación en el tiempo. Los niveles estándares se logran asociando la producción de los árboles, el crecimiento vegetativo de los mismos y la sintomatología, con el nivel de cada elemento en el tejido. Para ello se requiere de ensayos de fertilización y también de

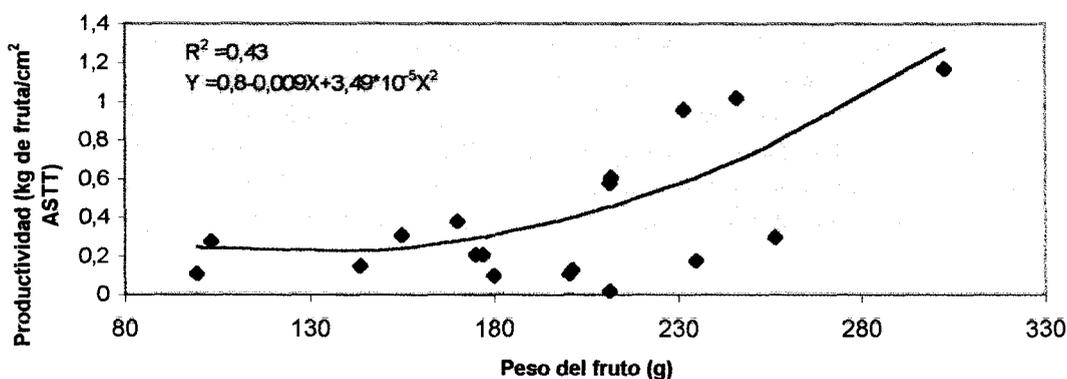


Figura 3. Productividad (kg de fruta/cm² de ASTT) en función del peso del fruto.

Similar resultado se obtuvo al relacionar el peso promedio del fruto con la producción del árbol (Figura 4). Estos resultados indican que el peso del fruto está influyendo directamente en la productividad del árbol, y que probablemente los árboles están por debajo del límite de producción que afecta el tamaño del fruto. Lo habitual en árboles frutales es la situación contraria, es decir, a mayor productividad menor tamaño del fruto.

Otra relación interesante fue aquella determinada entre el peso del fruto y el largo o ancho del mismo. Se obtuvo un $R^2 = 0,76$ y $0,94$ entre el peso del fruto muestra y su largo y ancho, respectivamente. La elevada correlación entre el ancho y el peso del fruto (Figura 5) señala a la medición de ancho como un certero indicador del peso, la cual por ser un parámetro no destructivo, permitiría ser utilizada como una herramienta de pronóstico de tamaño de fruto.

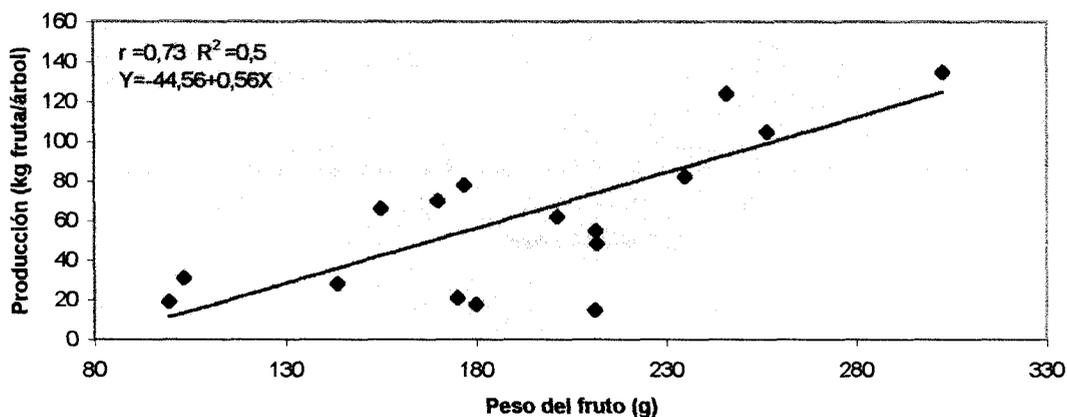


Figura 4. Relación entre el peso del fruto y la producción.

muestreo y análisis de numerosos huertos bajo diferentes condiciones de suelo, fertilización y sintomatología.

Estos trabajos se facilitan mucho en el caso del palto, pues bastaría con hacerlo solamente en una variedad, Hass, ya que prácticamente se ha convertido en la única variedad de importancia y casi la única cultivada en el país.

No obstante lo positivo que se presenta el pedúnculo para los fines de diagnóstico, se debe señalar el hecho que la mayoría de los elementos se presenta en una concentración relativamente baja en este tejido, lo cual obligaría a ser particularmente prolijo en el proceso analítico, evitando cualquier fuente de contaminación, como puede ser el depósito de polvo y residuos químicos sobre el tejido en el campo, la impureza en los reactivos, el lavado imperfecto del material de vidrio, etc.

La aptitud encontrada en el pedúnculo del fruto del palto coincide con los resultados obtenidos por otros investigadores en el caso de la vid. Por ejemplo Ismael *et al.*, (1963, 1964), citados por Fregoni, 1980, encontraron una alta correlación entre dosis de nitrógeno aplicado al suelo y el nivel de este elemento encontrado en el raquis del racimo (pedúnculo), postulando a este tejido para uso en la programación de la fertilización nitrogenada. Por su parte, Dulac (1964), citado por Fregoni, 1980, encontró el siguiente orden en la concentración de potasio en el tejido como respuesta a dosis creciente de fertilización potásica: raquis, pecíolo y lámina. Finalmente, Fregoni (1980) también señala al raquis como un tejido muy adecuado para el estudio de la toxicidad de manganeso en suelos ácidos.

Los resultados obtenidos con los demás tejidos permiten visualizar la aptitud de cada uno de ellos para determinados elementos, particularmente con fines específicos de investigación. Dentro de los tejidos, la flor, junto con su alta concentración de elementos minerales, presenta la ventaja de su época precisa y única de muestreo, lo cual facilita el proceso de muestreo y la elaboración de estándares. En tal sentido, se ha reportado a la flor como un tejido promisorio en el diagnóstico nutricional de frutales de hoja caduca (Montañes *et al.*, 1997), en el pronóstico de la deficiencia de hierro en duraznero (Sanz *et al.*, 1997), y en la determinación de deficiencia de boro en vid (Fregoni, 1980).

Relaciones entre parámetros del fruto y del árbol

Considerando el elevado número de árboles medidos en la presente investigación y su ubicación en las principales localidades productoras de palta en el país, se aprovechó de verificar si entre las numerosas variables analizadas existía algún grado de relación.

Se obtuvo un $R^2 = 0,43$ entre el peso promedio del fruto y la productividad del árbol expresada en kilogramos por área de sección transversal de tronco (Figura 3). En la curva se puede observar que a mayor peso del fruto, mayor productividad.

También es interesante destacar el alto grado de correlación ($R^2 = 0,86$) obtenido entre el peso del fruto y el peso de la semilla (Figura 6). En esta variedad, el peso del fruto sería bastante proporcional al peso de la semilla, lo cual permite suponer un efecto positivo del crecimiento de la semilla sobre el desarrollo del fruto. Por otro lado, este resultado señalaría que el fruto más grande no necesariamente tiene mayor proporción de pulpa, pues según la ecuación, por un aumento de cinco gramos en la semilla ocurre un aumento de 26 gramos en el fruto, pero la proporción de pulpa disminuye a medida que el fruto es más grande.

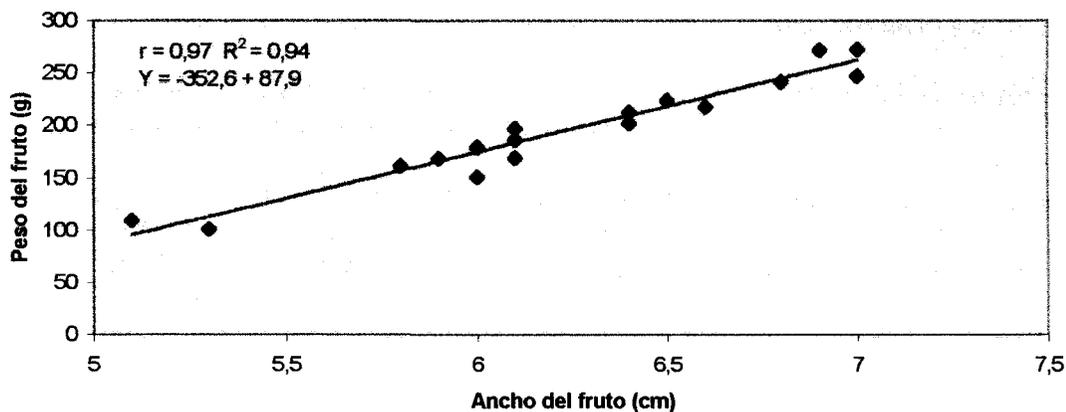


Figura 5. Relación entre el ancho y el peso del fruto.

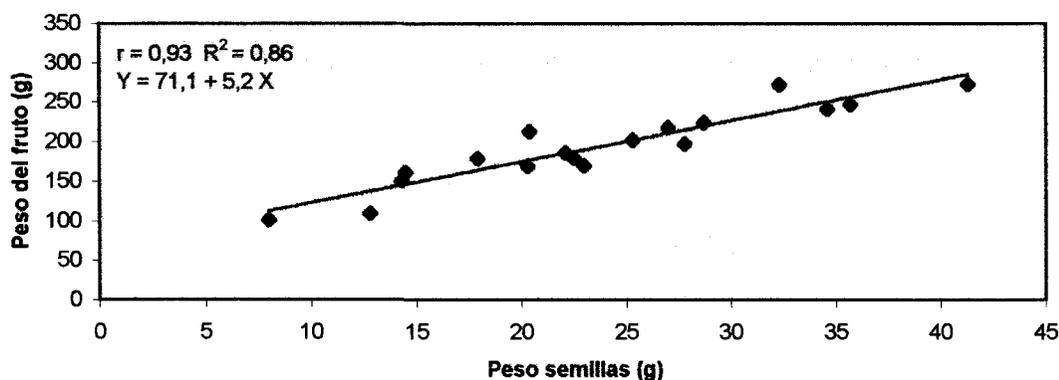


Figura 6. Relación entre el peso del fruto y el peso de la semilla.

CONCLUSIONES

Del presente estudio se pueden obtener las siguientes conclusiones:

-La flor presenta la mayor concentración de nitrógeno, fósforo, potasio, cinc, cobre y boro; la hoja presenta la mayor concentración de calcio, magnesio, cloruro y manganeso; mientras que el pedúnculo lo hace con el sodio.

- El pedúnculo presenta la mayor amplitud o dispersión dentro de la población de árboles analizados, en la concentración de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, manganeso, cinc y boro. La hoja presenta la mayor dispersión en cloruro y cobre, y el fruto en calcio y sodio.

-Hay dos tejidos cuya concentración de elementos más se relaciona con la concentración en los demás tejidos analizados. Estos son el fruto y el pedúnculo.

-Existe una significativa relación entre la concentración de boro y sodio en el pedúnculo y la productividad del árbol. A mayor concentración de boro, mayor es la productividad. En el sodio se da similar tendencia hasta cierta concentración, después de la cual comienza a descender la productividad.

-El pedúnculo en primer lugar y la flor en segundo lugar, aparecen como tejidos promisorios para diagnóstico del estado nutricional del palto.

En adición a estas conclusiones de índole nutricional, se encontró que:

- A mayor productividad del árbol mayor es el peso promedio del fruto, lo cual indicaría que la producción que se logra en los árboles de palto dista de alcanzar un nivel que afecte el tamaño del fruto.

-Existe una altísima correlación entre el ancho y el peso del fruto, lo cual señala a la medición del ancho como una precisa herramienta de predicción de calibre, superior que el largo del fruto.

LITERATURA CITADA

ÁLVAREZ DE LA PEÑA, F. 1981. El Aguacate. 1ª edición. Publicaciones de Extensión Agraria, Ministerio de Agricultura, Madrid, España. 225 p.

CHAPMAN, H. 1968. The mineral nutrition of citrus. pp. 172 - 289. *In* : Reuther, W. (Ed.) The citrus industry. Vol 2. University of California, Division of Agricultural Sciences, California, U.S.A. 398 p.

FEUCHT, W. 1967. La fisiología de la madera frutal. Publicaciones en Ciencias Agrícolas N°1. Facultad de Agronomía, Universidad de Chile, Santiago, Chile. 64 p.

FREGONI, M. 1980. Nutrizione e fertilizzazione della vite. 1ª edición. Ed. Edagricole, Bologna, Italia. 418 p.

JAGANATH, J. and LOVATT, C. 1998. Efficacy studies on prebloom canopy applications of boron and/or urea to "Hass" avocados in California. Proc. Third World Avocado Congress (1): 181 - 184.

JONES, W. and EMBLETON, T. 1978. Leaf analysis as a guide to avocado fertilization. p. 10. *In*: Reisenauer, H. (Ed.) Soil and plant-tissue testing in California. 2ª Edición, Division of Agricultural Sciences, University of California, California, U.S.A. 25 p.

LUCENA, J. 1997. Methods of diagnosis of mineral nutrition of plants a critical review. *Acta Horticulturae* 448: 179 - 182.

MONTAÑES, L.; VAL, J.; BETRÁN, A.; MONGE, E.; MORENO, M. and MONTAÑES, M. 1997. Floral analysis: fresh and dry weight of flowers from different fruit tree species. *Acta Horticulturae* 448: 233 - 240.

NIELSEN, G. and NIELSEN, D. 1997. Orchard nutrition to maximize crop quality and minimize environmental degradation. *Acta Horticulturae* 448: 365 - 373.

NYOAMARA, A. and BROWN, P. 1997. Fall foliar-applied boron increases tissue boron concentration and nut set in almond. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 122 (3): 405 - 410.

RAZETO, B. 1999. Para entender la fruticultura. 3ª Edición. Santiago, Chile. 373 p.

ROBBERTSE, P.; COETZER, L.; BEZUIDENHOUT, J.; VORSTER, L. and SWART, N. 1990. The influence of boron on fruit set in avocado. *Acta Horticulturae* 448: 6 - 10.

RODRÍGUEZ, F. 1992. El Aguacate, 2ª edición, A.G.T. Editor S.A., México D.F., México. 167 p.

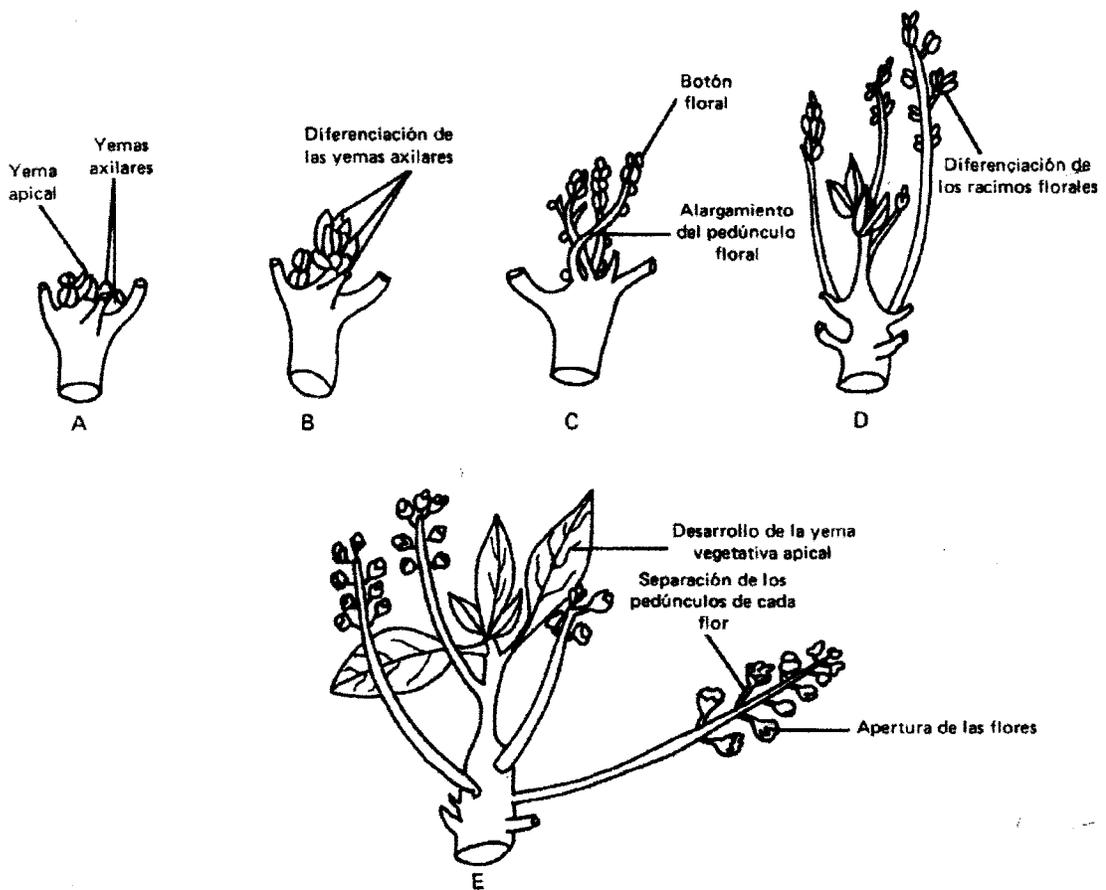
SANZ, M.; BELKHODJA, R.; TOSELLI, M.; MONTAÑES, L.; ABADÍA, A.; TAGLIAVINI, M.; MARANGONI, B. and ABADÍA, J. 1997. Floral analysis as a possible tool for the prognosis of iron deficiency in peach. *Acta Horticulturae* 448: 241 - 246.

SILVA, H. y RODRÍGUEZ, J. 1995. Fertilización de plantaciones frutales. Ed. C. Bonomelli, Colección en Agricultura. Fac. Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Chile. 1ª edición. Santiago, Chile. 519 p.

SMITH, P. and REUTHER, W. 1953. Mineral content of oranges in relation to fruit age and some fertilization practices. *Proc. Fla. State Hortic. Soc.* 66: 80 - 85.

ANEXO 1

Fases de la floración del palto.



(Fuente: Rodríguez, 1992.)