UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE AGRONOMIA

MEMORIA DE TITULO

ANÁLISIS MINERAL DEL PEDÚNCULO Y LA FLOR PARA EL DIAGNÓSTICO DEL ESTADO NUTRICIONAL EN PALTO

(Persea americana Mill)

JORGE ANTONIO SALGADO ROJAS

SANTIAGO – CHILE
2002

CONTENIDO

RESUMEN....1

Palabras clave....2

SUMMARY....2

Key words....2

INTRODUCCIÓN....3

Objetivos....4

MATERIALES Y MÉTODO....5

Ensayo 1....5

Ensayo 2....6

PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS....7

Ensayo 1....7

Nivel de nitrógeno en los tejidos....7

Dosis de nitrógeno y color del follaje....8

Dosis de nitrógeno y concentración de éste en los tejidos....9

Contenido de nitrógeno en la hoja y su relación con el pedúnculo y la flor....10

Ensayo 2....12

Evolución de elementos minerales en el pedúnculo durante el año....12

Período óptimo de muestreo de pedúnculos....20

CONCLUSIONES....23

LITERATURA CITADA....24

ANÁLISIS MINERAL DEL PEDÚNCULO Y LA FLOR PARA EL DIAGNÓSTICO DEL ESTADO NUTRICIONAL EN PALTO (*Persea americana* Mill.)

MINERAL ANALYSIS OF THE PEDUNCLE AND FLOWER FOR NUTRITIONAL DIAGNOSIS IN AVOCADO (*Persea americana* Mill.)

RESUMEN

Se realizaron dos ensayos con el fin de estudiar el pedúnculo y la flor del palto (*Persea americana* Mill.) como tejidos para realizar diagnósticos nutricionales. Dichos ensayos fueron desarrollados en un huerto de paltos variedad Hass, de siete años de edad, ubicado en la comuna de Paine, Región Metropolitana.

Para el ensayo N° 1, se seleccionaron 12 árboles homogéneos y con mediana carga frutal. En árboles individuales se aplicó una dosis de 0; 333; 666 y 999 g de nitrógeno, con tres repeticiones de un árbol cada una. La dosis fue aplicada en dos fracciones iguales, una en febrero y la otra en marzo del 2001. En julio se evaluó color del follaje, en agosto del mismo año se colectaron muestras de hojas y pedúnculos de frutos, y en octubre se colectaron muestras florales. En todas las muestras se determinó el contenido de nitrógeno en laboratorio. La concentración promedio de nitrógeno fue de 1,85% ± 0,25 en la hoja, 0,77% ± 0,27 en el pedúnculo y 2,44% ± 0,30 en la flor. La concentración de nitrógeno en la hoja no presentó diferencia significativa entre las tres dosis de nitrógeno. El pedúnculo mostró diferencia significativa entre las dosis mayores y menores y la flor detectó diferencia incluso entre las dosis más altas. Se obtuvo una alta relación entre la dosis de nitrógeno y la concentración de este elemento en los tejidos (R^2 = 0,67 en el pedúnculo; 0,64 en la hoja y 0,56 en la flor). Sin embargo, la trayectoria de la curva indicó que el pedúnculo y la flor representan mejor que la hoja el nivel de abastecimiento de nitrógeno en el árbol. Se encontró una alta relación entre la concentración de nitrógeno en la hoja y aquella en el pedúnculo (R^2 = 0,59). Menor fue esta relación entre la hoja y la flor (R^2 = 0,23). Estos resultados permiten considerar al pedúnculo en primer lugar, y la flor en segundo, como tejidos muy promisorios, incluso mejores que la hoja, para determinar el nivel de abastecimiento de nitrógeno en el árbol de palto.

Para el ensayo N° 2, se seleccionó un árbol de buen desarrollo y abundante carga frutal. A partir del 18 de enero del 2001 y cada 21 días, hasta el 29 de noviembre del mismo año, se colectaron 10 frutos con sus respectivos pedúnculos. En los pedúnculos, se determinó el contenido de elementos minerales (N, P, K, Ca, Mg, Cl, Na, Cu, Mn, Zn, B y Fe). Con los datos obtenidos en cada muestreo se trazaron curvas de evolución en la concentración de cada elemento en el pedúnculo durante el año. Con las curvas se logró visualizar el período de mayor estabilidad de los elementos en general, para así establecer el período más adecuado de muestreo de pedúnculos. Éste se extendería desde inicios de julio hasta mediados de agosto, cuando el pedúnculo tiene 35 a 43 semanas de edad aproximadamente, y el árbol se encuentra en el estado fenológico de yema terminal e inicio de yema hinchada.

Palabras clave: var. "Hass", análisis químico, nitrógeno, elementos minerales, hoja, aguacate.

SUMMARY

Two trials were conducted to study the peduncle and flower of avocado (*Persea americana* Mill.) as tissues for conducting nutritional diagnoses. Such trials were carried out in a 7-year old 'Hass' avocado orchard, located in the Paine commune, Metropolitan Region.

For trial N° 1, 12 homogeneous trees with a medium fruit load were selected. Individual trees were treated with a dose of 0; 333; 666 and 999 g of nitrogen, with three replications of one tree each. The dose was applied in two equal fractions, one in February and the other in March, 2001. Foliage color was evaluated in July and, samples of leaves and fruit peduncles were collected in August, and flower samples were collected in October. The nitrogen content was determined in all samples.

The mean nitrogen concentrations was 1.85%± 0.25 in the leaf, 0.77%± 0.27 in the peduncle, and 2.44%± 0.30 in the flower. Nitrogen concentrations in the leaf did not show significant differences among the three doses tested. The peduncle showed a significant difference between the highest and smallest doses and the flower showed differences even among the highest doses.

A high relationship was obtained between the nitrogen dose and the concentrations of this element in the tissues (R^2 = 0.67 in the peduncle, 0.64 in the leaf, and 0.56 in the flower). However, the response indicated that the peduncle and flower represent better than the leaf the level of nitrogen supply in the tree. A high relationship between nitrogen concentrations in the leaf and that in the peduncle was found (R^2 = 0.59). This relationship was smaller between the leaf and flower (R^2 = 0.23). These results allow to consider the peduncle in the first place, followed by the flower, as very promising tissues, even better than the leaf, to determine the level of nitrogen supply in the avocado tree.

For trial N° 2, a tree of good development and with abundant fruit load was selected. Starting on January 18th, 2001, and every 21 days till November 29, of the same year, 10 fruits with their respective peduncles were collected from the tree. The content of mineral elements (N, P, K, Ca, Mg, Cl, Na, Cu, Mn, Zn, B, and Fe) in these peduncles was determined. With the data obtained at each sampling, evolution curves of each elements concentration in the peduncle during the year were plotted.

With such curves it was possible to determine the period of greater stability of elements in general so as to establish the most adequate period for peduncle sampling. This would stand from early July to mid-August, when the peduncle is approximately 35 to 43 weeks old, and the phenological stage of the tree is formed apex bud and beginning of swollen bud.

Key words: avocado, cv. 'Hass', chemical analysis, nitrogen, mineral elements, leaf.

INTRODUCCIÓN

En la agricultura actual, nos encontramos cada día más con huertos de alta producción, donde existe una gran diversidad de factores que interactúan para llegar con éxito al objetivo antes mencionado. Uno de los factores controlables es la fertilización, que por las características de estos huertos es primordial para obtener buenas cosechas, fruta de alta calidad y árboles en buen estado.

La herramienta más usada para determinar la fertilización de los frutales es el análisis foliar. El análisis foliar consiste en determinar la concentración de elementos minerales en la hoja y luego comparar esta concentración con aquélla estándar, preestablecida para cada especie (Razeto, 1999). Con esto se consigue reflejar e integrar las condiciones generales de nutrición de los árboles (Trocme y Gras, 1979).

El análisis foliar también permite reconocer o confirmar la naturaleza de síntomas presentes en las plantas; encauzar la fertilización y otras prácticas como enmiendas, riego y manejo del suelo; evaluar la respuesta a tratamientos de fertilización y de las prácticas señaladas anteriormente; pronosticar desórdenes fisiológicos de la fruta y el grado de perecibilidad de la misma; y finalmente, determinar la extracción de elementos minerales del suelo que anualmente realiza determinado cultivo o cosecha (Razeto, 1999).

En el caso del palto, como norma general, se ha establecido que se colecten hojas maduras de 4 a 8 meses de edad, ubicadas en brotes de primavera sin frutos (Embleton y Jones, 1966), ya que, en hojas más jóvenes la concentración de varios elementos está incrementando o disminuyendo rápidamente. Por su parte, las hojas viejas se preparan para su caída y también ocurre un cambio en el nivel de los elementos en la hoja, por removilización hacia los tejidos de reserva en el árbol. Por lo tanto, quedaría un intervalo de pocos meses donde los elementos son estables para realizar el muestreo (Smith, 1966).

Varias investigaciones han determinado la evolución de la concentración de los elementos minerales en la hoja del palto durante el año (Bingham, 1961; Embleton y Dorothea, 1958; Labanauskas y Garber, 1961; Oppenheimer y Kadman, 1962). El período en que el mayor número de elementos se presenta con una concentración más estable, corresponde a aquél en que se recomienda la recolección de hojas. Estos trabajos han permitido señalar que la época más recomendable, para muestreo foliar en palto, corresponde al otoño, lo que equivale a recolectar hojas de 4 a 8 meses de edad.

Junto al análisis de hojas, se encuentra en desarrollo la técnica del análisis de frutos y, aunque todavía no está totalmente clara, la determinación analítica de elementos químicos en la pulpa, antes de la cosecha, aparece como promisoria para detectar oportunamente el grado de perecibilidad de la misma y su susceptibilidad a problemas fisiológicos de postcosecha. Al respecto, la relación entre el contenido de nitrógeno y calcio, o el de potasio y calcio, son índices ya empleados en manzanas (Razeto, 1999).

Algo similar es lo que ocurre con el pelón de la almendra, que se señala como interesante para determinar el grado de abastecimiento de boro en el árbol de almendro, precisamente por ser el tejido donde más se acumula ese elemento (Nyomara y Brown, 1997).

El análisis de flores también podría constituir un índice útil al permitir evaluar el estado nutricional en época diferente y en momento clave en que el árbol utiliza reservas; además, fija la producción de la temporada (Montañes *et al.*, 1997; Sanz *et al.*, 1997). La calidad de las flores, y con ella su potencial transformación en frutos, depende en gran

medida de su abastecimiento de elementos minerales, entre los cuales sobresalen el nitrógeno, el zinc y el boro (Razeto, 1999).

Fregoni (1980) señala que las flores son muy útiles para el estudio de algunas deficiencias en la vid, especialmente la de boro. Por su parte Dulac, citado por Fregoni (1980), sostiene que el raquis del racimo es el tejido que mejor representa el efecto de la aplicación de potasio al suelo. Además, al ordenar los órganos según su grado de asociación con la dosis, el orden fue: raquis, peciolo de la hoja, lámina de la hoja, piel de las bayas, semillas y mosto. El mismo autor, sostiene que el raquis del racimo es un tejido muy interesante para el estudio del exceso de manganeso en terrenos ácidos, pues es un órgano preferencial de acumulación de este elemento. Ismail, citado por Fregoni (1980) reporta una respuesta lineal entre las dosis de nitrógeno suministradas al suelo y el incremento en el contenido de nitrógeno en el raquis del racimo. Todo esto demuestra que hay órganos en la planta que representan mejor que otros las aplicaciones de algunos elementos al suelo.

Un estudio reciente, realizado en 14 huertos representativos de la producción de palto en Chile (Granger, 2001), ha demostrado que el pedúnculo del fruto, y la flor, se muestran como tejidos promisorios para el diagnóstico nutricional, con resultados incluso superiores a los alcanzados por el análisis foliar. El pedúnculo se presenta como un tejido con mayor sensibilidad que la hoja para detectar diferencias nutricionales entre árboles y, al mismo tiempo, con una alta relación entre su nivel de boro y la producción de fruta en el árbol. Por su parte, la flor presenta una concentración más alta que la hoja en los principales elementos minerales. Estos resultados sugieren continuar con el estudio de estos dos tejidos, con miras a su futura utilización en el diagnóstico nutricional de esta importante especie frutal, y tal vez de otras.

Los objetivos de esta investigación fueron:

1- Determinar la relación existente entre la dosis de fertilización nitrogenada y la concentración de este elemento en la hoja, el pedúnculo y la flor, con el fin de estimar la sensibilidad de cada tejido, en cuanto a representar la respuesta del árbol de palto a las aplicaciones del fertilizante al suelo.
2- Determinar la evolución en la concentración de elementos minerales esenciales en el pedúnculo del fruto del palto durante el año, con el fin de estimar cuál sería la mejor época de muestreo de este tejido.

MATERIALES Y MÉTODO

Esta investigación se realizó en un huerto de paltos variedad Hass en producción, ubicado en La Aparición Sur, parcela 18 lote 2 – A, Comuna de Paine, Provincia del Maipo, Región Metropolitana. El huerto fue plantado en 1994, a una distancia de 5 x 5 m y se riega por medio de surcos. El portainjerto es Mexícola, propagado por semilla.

Para cumplir con los objetivos se realizaron dos ensayos, respectivamente.

Ensayo 1

Se seleccionaron 12 árboles homogéneos y con mediana carga frutal. En árboles individuales se aplicó una dosis de 0; 333; 666 y 999 g de nitrógeno, lo que correspondió a 0; 740; 1.480 y 2.200 g de urea / árbol, respectivamente. Cada dosis se aplicó en tres repeticiones de un árbol cada una. Para eliminar el efecto borde, la misma dosis se aplicó en los árboles adyacentes a cada árbol seleccionado. La urea se aplicó incorporándola, bajo el suelo; a lo largo del costado interior y exterior del surco de riego, bajo la copa, a ambos costados del árbol.

La dosis correspondiente a cada árbol se aplicó en dos fracciones iguales, la primera el 02 de febrero de 2001(en el costado interior de cada surco) y la segunda dosis el 31 de marzo de 2001 (en el costado exterior de cada surco). Un día antes de la primera aplicación se colectó una muestra foliar de cada árbol para determinar el nivel de nitrógeno al inicio del ensayo. Para este fin se tomaron 30 hojas por cada árbol, provenientes de brotes formados en la primavera.

El 01 de julio de 2001 se realizó una evaluación de color del follaje, a cada uno de los 12 árboles, para analizar en forma visual la respuesta a la fertilización nitrogenada. La escala de evaluación fue: verde amarillento (1), verde claro (2), verde (3), verde oscuro (4).

El 07 de agosto se describió el estado fenológico de los árboles y se realizó la toma de muestras de hojas y pedúnculos. Para ello se colectaron, por árbol, 50 hojas y 15 frutos con sus respectivos pedúnculos. 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 peciolo adherido, provenían del brote desarrollado en la primavera, segunda y tercera hoja contando desde el ápice del brote. Los frutos estaban cercanos a la madurez de cosecha.

El 3 de octubre del mismo año se colectaron las muestras florales, que correspondieron a 70 racimos distribuidos uniformemente en el árbol. En estos racimos, colectados en número de dos por inflorescencia, las flores se encontraban en estado de botón (fase C y D, según Aubert y Lossois, citados por Álvarez de la Peña (1981)).

Todas las muestras se envasaron en bolsas de papel, se colocaron en una caja con aislación térmica, para ser llevadas de inmediato al laboratorio de Análisis Foliar de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, donde se realizaron los análisis químicos.

Las muestras de hojas, flores y pedúnculos fueron lavadas por unos segundos con agua corriente y luego se sometieron a dos enjuagues con agua destilada. Después de esto fueron secadas en bolsas de papel, en estufa con circulación forzada de aire, a una temperatura de 70° C, por 36 horas. Posteriormente, las muestras fueron molidas en un molinillo de acero y almacenadas en una desecadora de vidrio.

El contenido de nitrógeno, se determinó con el método de Kjeldahl.

Los datos se analizaron mediante sus promedios, desviación estándar, coeficiente de variación, ANDEVA y análisis de covarianza, considerando el nivel inicial de nitrógeno en la hoja. Además se realizó análisis de regresión.

Ensayo 2

Se seleccionó un árbol con abundante carga frutal para asegurar suficientes frutos durante todo el año. El árbol seleccionado no recibió ningún elemento mineral externo a lo largo de la temporada, para no afectar la medición de los elementos en los análisis de laboratorio.

A partir del 18 de enero del 2001, y cada 21 días, hasta el 29 de noviembre del mismo año, se colectaron 10 frutos con sus respectivos pedúnculos, uniformemente distribuidos en la copa. Inmediatamente se separó los pedúnculos del fruto, los cuales se almacenaron en bolsas de papel colocadas en una caja con aislación térmica, para ser llevadas inmediatamente al laboratorio de Análisis Foliar de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, donde se realizaron los análisis químicos.

La muestra de pedúnculos fue lavada por unos segundos con agua corriente y luego se sometió a dos enjuagues con agua destilada y dos enjuagues con agua bidestilada. Después de esta operación, la muestra fue secada en una bolsa de papel en estufa con circulación forzada de aire, a una temperatura de 70 °C, por 36 horas.

Posteriormente, la muestra fue molida en un molinillo de acero y almacenada en una desecadora de vidrio. En cada época se analizó: nitrógeno mediante Kjeldahl; fósforo y boro mediante espectrofotometría; potasio y sodio por fotometría de llama; cloruros por potenciometría; y calcio, magnesio y microelementos catiónicos por espectrofotometría de absorción atómica.

Con los datos obtenidos se trazaron curvas de evolución del contenido de cada elemento con respecto al tiempo. También se trazaron curvas ajustadas a una función media móvil, con el fin de apreciar mejor la tendencia general durante el año y sugerir la época de muestreo común para todos los elementos.

PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Ensayo 1

Nivel de nitrógeno en los tejidos

En el Cuadro 1 se presenta el porcentaje de nitrógeno de cada tejido analizado, por árbol, su promedio, desviación estándar y coeficiente de variación. En él, se puede observar que, al considerar la totalidad de los árboles analizados, la mayor concentración de nitrógeno se presentó en la flor, seguida de la hoja y finalmente el pedúnculo. Esto confirma lo obtenido por Granger (2001). Sin embargo, pese a la menor concentración en el pedúnculo, es este tejido el que aparece con un coeficiente de variación mucho más alto. Esta diferencia en el coeficiente de variación obedece a una amplitud mayor en los niveles de nitrógeno, como respuesta a las dosis de fertilizante aplicadas. En efecto, en el pedúnculo, el valor más alto es 307 % mayor que el valor más bajo, mientras que en la hoja y la flor es sólo 66 y 72 % mayor, respectivamente. Este resultado también confirma lo obtenido por Granger (2001), quién sostiene que el pedúnculo sería un tejido más sensible que la hoja para diagnosticar el estado del árbol de palto en cuanto a su abastecimiento de nitrógeno y la mayoría de los elementos minerales.

Cuadro 1. Concentración de nitrógeno, en porcentaje base peso seco, en los tejidos analizados.

Tratamiento g de N/árbol	N° árbol	Contenido de nitrógeno		
		Hoja 07-08-01	Pedúnculo 07-08-01	Flor 03-10-01
			%	
0	1	1,54	0,46	2,07
	2	1,54	0,45	2,13
	3	1,52	0,62	2,59
333	1	1,99	0,78	2,22
	2	1,64	0,53	2,17
	3	2,00	0,74	2,10
666	1	2,00	0,70	2,62
	2	1,82	0,62	2,34
	3	2,29	1,02	2,77
999	1	2,03	1,38	2,66
	2	2,00	1,00	2,88
	3	1,78	0,95	2,76
Promedio		1,85	0,77	2,44
Desviación estándar		0,25	0,27	0,30
Coeficiente de variación (%)		13,3	35,6	12,3

El contenido inicial de nitrógeno en la hoja, no presentó diferencia significativa entre los árboles utilizados en cada tratamiento, lo cual indica la homogeneidad del material de trabajo, en cuanto al nivel de nitrógeno se refiere (Cuadro 2). El 07 de agosto, aproximadamente cuatro meses después de realizados los tratamientos, el nitrógeno en la hoja sólo presentó diferencias significativas entre el testigo (sin aplicaciones de nitrógeno) y las tres dosis de nitrógeno, sin detectarse diferencias entre los tratamientos de nitrógeno.

En cambio, el pedúnculo mostró diferencias significativas entre las dosis mayores y las menores, y en el caso de la flor, se detectó, incluso, diferencias entre dosis más altas (Cuadro 2). Con ello, estos tejidos aparecen como más sensibles que la hoja, para detectar diferencias entre tratamientos con nitrógeno, siendo la flor, el tejido que mostraría la mayor sensibilidad.

Cuadro 2. Concentración promedio de nitrógeno en cada tejido. Porcentaje base peso seco.

Tratamiento g de N/árbol	Contenido de nitrógeno			
	Hoja 31-01-01	Hoja 07-08-01	Pedúnculo 07-08-01	Flor 03-10-01
	%			
0	1,61 a	1,53 a	0,51 a	2,26 a
333	1,61 a	1,88 b	0,68 a	2,16 a
666	1,46 a	2,04 b	0,78 b	2,58 b
999	1,57 a	1,94 b	1,11 b	2,77 c

Promedios seguidos de distinta letra indican diferencia significativa entre los respectivos tratamientos, p≥0,05.

Dosis de nitrógeno y color del follaje

En la Figura 1 se puede observar una alta asociación entre la dosis de nitrógeno aplicada y el color del follaje en los árboles, tres meses después de la aplicación (R^2= 0,73). Este resultado permite aseverar que los árboles respondieron en forma rápida a la aplicación de nitrógeno y, al mismo tiempo, en concordancia con la dosis. A mayor cantidad de nitrógeno, más oscuro fue el color verde en el follaje.

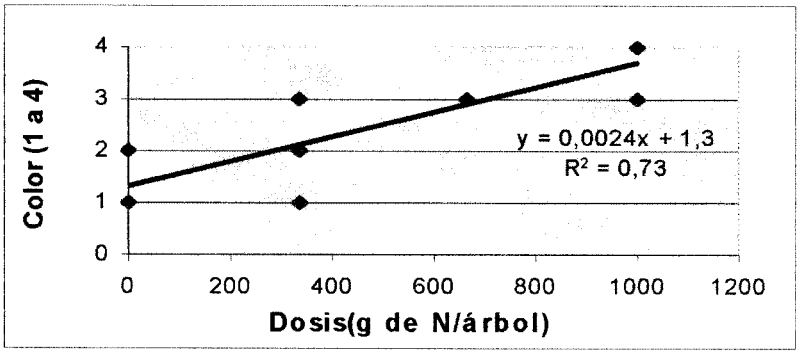

Figura 1. Color del follaje de los árboles tratados, en función de la dosis de nitrógeno.

Dosis de nitrógeno y concentración de éste en los tejidos

En las figuras 2; 3 y 4 se puede apreciar el grado de relación existente entre la dosis y la concentración de nitrógeno en los tejidos. La mayor relación se obtuvo en el pedúnculo ($R^2 = 0,67$), seguido de cerca por la hoja ($R^2 = 0,64$) y más atrás la flor ($R^2 = 0,56$). Estos valores muestran, en general, una alta asociación entre la dosis de nitrógeno aplicada al suelo y el nivel de nitrógeno en los tres tejidos analizados con posterioridad a la aplicación. Ello señalaría a estos tres tejidos como buenos indicadores del nivel de abastecimiento de nitrógeno en el árbol. Sin embargo, al observar la trayectoria de las curvas, ésta es ascendente en toda su extensión en el pedúnculo y la flor; en cambio, en la hoja se mantiene en ascenso decreciente hasta la dosis de 666 g de N / árbol, para descender de allí en adelante. Esta particular trayectoria de la curva, indicaría que, según el análisis de hoja, nunca se presentarían niveles de exceso de nitrógeno en el árbol. En cambio, los otros tejidos, especialmente el pedúnculo, representarían bien la situación del nitrógeno en el árbol, cualquiera sea el nivel de abastecimiento.

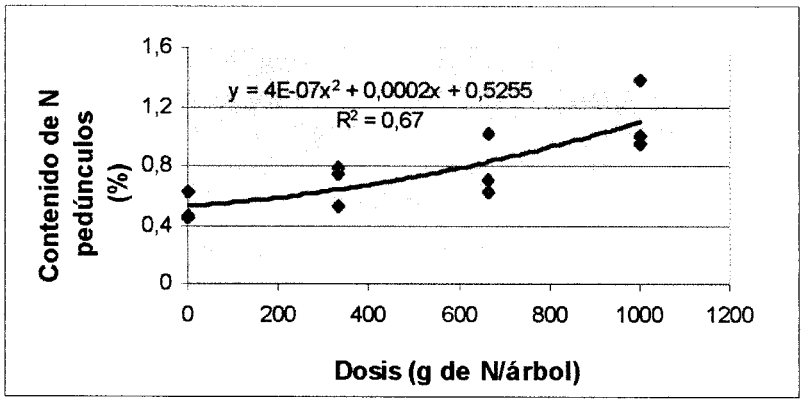

Figura 2. Concentración de nitrógeno en el pedúnculo en función de la dosis de nitrógeno aplicada al suelo.

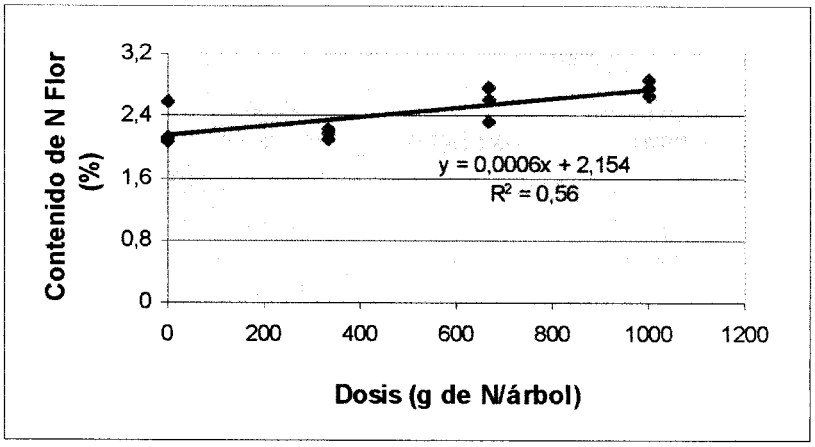

Figura 3. Relación entre la dosis de nitrógeno y la concentración de nitrógeno en la flor.

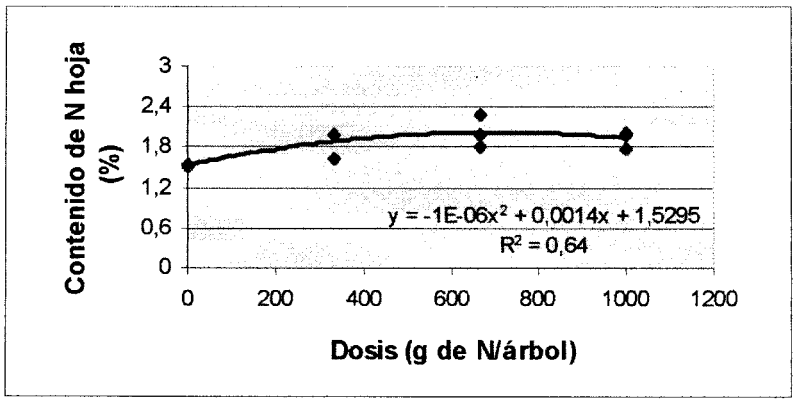

Figura 4. Relación entre la dosis de nitrógeno y la concentración de nitrógeno en la hoja.

Contenido de nitrógeno en la hoja y su relación con el del pedúnculo y la flor

Se detectó que hubo una significativa relación entre el contenido de nitrógeno de la hoja y el del pedúnculo ($R^2 = 0,59$). En cambio, menor fue la relación entre la hoja y la flor, con un $R^2 = 0,23$ (figuras 5 y 6). Este resultado confirma lo obtenido por Granger (2001), en cuanto a que el pedúnculo es el tejido cuyo nivel de nitrógeno se relaciona más con el presente en las hojas.

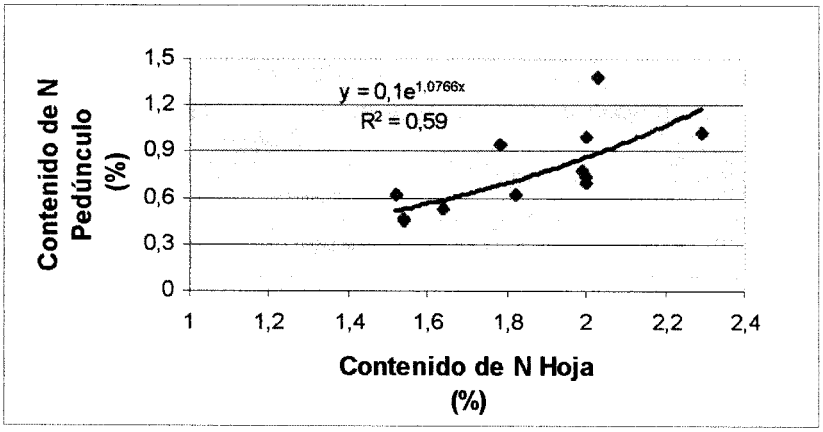

Figura 5. Contenido de nitrógeno del pedúnculo como función del contenido de nitrógeno en hoja.

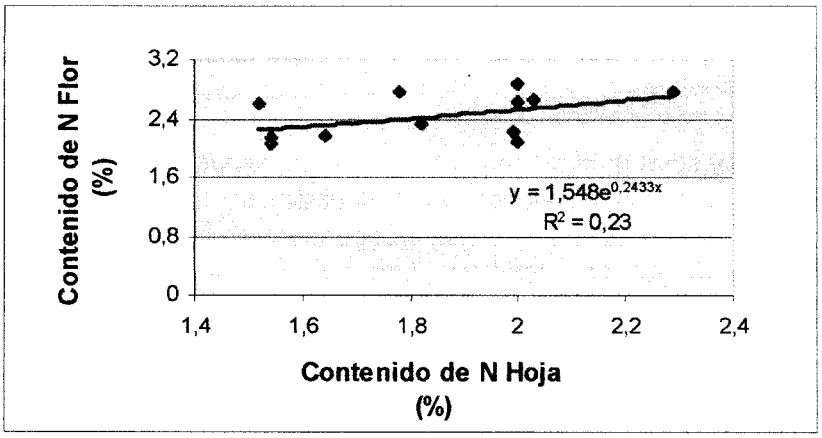

Figura 6. Contenido de nitrógeno de la flor como función del contenido de nitrógeno en hoja.

Así, el pedúnculo aparece como un tejido representativo del nivel de nitrógeno en el árbol del palto, pues se relaciona con la hoja, que es el órgano convencionalmente utilizado en diagnóstico nutricional. Esta relación, a su vez, facilitaría la confección de estándares, para interpretación de resultados en análisis de pedúnculo; teniendo en cuenta eso sí, que este tejido sería más preciso que la hoja. De hecho, si se aplica la ecuación de la Figura 5 a los niveles estándares existentes para la hoja en la variedad Hass, es posible establecer valores tentativos para el pedúnculo (Cuadro 3), valores que habría que afinar con investigación adicional.

Cuadro 3. Estándares nutricionales para nitrógeno en la hoja y valores tentativos como estándares para el nitrógeno en el pedúnculo de palto var. Hass. Porcentaje base peso seco.

Tejido	Nivel nutricional de nitrógeno				
	Deficiente	Bajo	Normal	Alto	Excesivo
			%		
Hoja [1]	< 1,50	1,60 – 2,10	2,10 – 2,40	2,40 – 2,70	> 2,70
Pedúnculo	< 0,50	0,56 – 0,96	0,96 – 1,32	1,32 – 1,83	> 1,83

En el Cuadro 3, también se puede apreciar la mayor amplitud del pedúnculo (0,50 a 1,83 %), contra 1,50 a 2,70 % en la hoja. El pedúnculo, además, tiene la ventaja, que es un tejido que se desarrolla y va madurando en un lugar fijo del árbol, a diferencia de la hoja que está expuesta a los ciclos de brotación y al crecimiento de los brotes en longitud, con la consiguiente dificultad que ello impone a la identificación del tejido y a la representatividad

[1] Bruno Razeto M. (Comunicación personal).
Ingeniero Agrónomo, M. S.
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, Casilla 1004 – Santiago – Chile.
e-mail: brazeto@uchile.cl.

del muestreo. También, está menos expuesto a ser contaminado con polvo y aspersiones de productos químicos, que suelen distorsionar los análisis foliares; y menos expuesto que la hoja a daños causados por parásitos o agentes climáticos, que suelen afectar al proceso de muestreo y posterior certeza en los análisis.

A las ventajas del pedúnculo, que también tiene la flor, se debe agregar en el caso de esta última, su presencia en un corto período, lo cual facilita el muestreo y la elaboración de estándares. En el caso del pedúnculo, esta falencia se subsana igual que en la hoja, fijando una época óptima de muestreo, mediante un seguimiento en la concentración de los nutrientes durante el año, materia que es abordada en el Ensayo 2 de esta Memoria.

Adicionalmente, cabe agregar que, el hecho de ser Hass, prácticamente la única variedad de importancia actual en el cultivo del palto en el mundo, facilita la elaboración de eventuales estándares para el pedúnculo y la flor. Como es sabido, la variedad suele ser un factor de distorsión en la interpretación de resultados de análisis foliar, debiéndose, en muchas especies, confeccionar estándares para variedades por separado.

Ensayo 2

Evolución de elementos minerales en el pedúnculo durante el año

La evolución en la concentración de nitrógeno y de fósforo es muy similar en ambos elementos (figuras 7 y 8). El nivel, que es alto en el mes de enero, comienza a descender a medida que avanza la temporada, para estabilizarse en su nivel más bajo durante el invierno. El nitrógeno comienza a subir fuertemente con el inicio de la brotación en primavera y el fósforo lo hace un mes más tarde, coincidiendo ya con la brotación.

Cuadro 4. Concentración de elementos minerales en el pedúnculo, según la fecha de muestreo. Porcentaje base peso seco.

Fecha de muestreo	Edad pedúnculo (semanas)	Estado fenológico	Contenido mineral											
			N	P	K	Ca	Mg	Na	Cl	Cu	Mn	Zn	B	Fe
			%							mg L^{-1}				
18-01-01	11	Brotación	0,71	0,10	1,67	0,21	0,05	0,007	0,028	12,5	8,30	9,30	26,0	23
08-02-01	14	Brotación	0,63	0,09	1,80	0,16	0,04	0,009	0,054	14,5	5,00	7,70	19,0	20
01-03-01	17	Brotación	0,58	0,09	1,67	0,18	0,04	0,011	0,054	16,5	5,00	8,30	21,0	29
22-03-01	20	Brotación	0,62	0,09	2,05	0,28	0,05	0,011	0,080	9,30	5,30	8,50	17,0	29
12-04-01	23	Yema terminal	0,56	0,08	1,67	0,26	0,05	0,008	0,090	7,50	5,00	7,30	22,0	39
03-05-01	26	Yema terminal	0,56	0,07	1,67	0,28	0,06	0,011	0,090	7,30	4,60	7,30	27,0	42
24-05-01	29	Yema terminal	0,48	0,07	1,92	0,23	0,06	0,012	0,105	5,70	4,30	6,50	21,0	32
14-06-01	32	Yema terminal	0,49	0,07	1,67	0,29	0,05	0,010	0,110	8,70	4,50	6,70	27,0	36
05-07-01	35	Yema terminal	0,47	0,06	1,57	0,25	0,05	0,011	0,100	8,70	4,00	6,00	26,0	43
26-07-01	38	Yema terminal	0,50	0,06	1,62	028	0,05	0,009	0,105	6,30	5,50	7,70	24,0	44
16-08-01	41	Yema hinchada	0,46	0,06	1,57	0,28	0,03	0,012	0,105	7,30	4,70	5,80	25,0	40
06-09-01	44	Brotación	0,46	0,06	1,45	0,39	0,04	0,011	0,105	13,0	4,70	11,0	25,0	38
27-09-01	47	Elongación flor	0,55	0,06	1,45	0,49	0,07	0,014	0,105	14,5	6,30	12,0	24,0	78
18-10-01	50	Plena flor	0,67	0,08	1,67	0,54	0,09	0,012	0,110	14,7	5,70	14,0	23,0	66
08-11-01	53	Término cuaja	0,60	0,14	1,80	0,28	0,06	0,014	0,130	14,5	5,50	12,0	26,0	73
29-11-01	56	Brotación	0,83	0,10	2,05	0,29	0,07	0,014	0,130	14,7	7,50	12,7	28,0	62

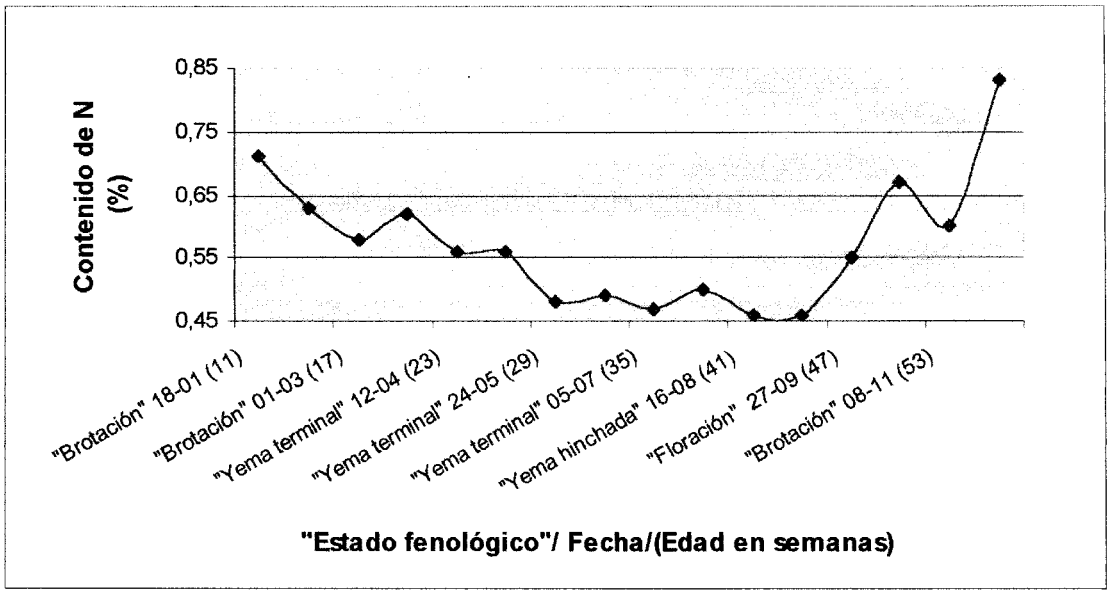

Figura 7. Evolución del contenido de nitrógeno en pedúnculos a través del tiempo, en palto var. Hass, Región Metropolitana.

La tendencia inicial que muestran estos dos elementos en el pedúnculo es similar a la descrita para la hoja en diferentes especies frutales (Beutel *et al.*, 1994; Razeto, 1970; Westwood, 1978). La concentración disminuye a medida que el tejido va avanzando en edad. Sin embargo, en el caso del pedúnculo, esto ocurre sólo hasta que comienza la fuerte actividad metabólica del árbol con la brotación en primavera, pues allí el nivel de estos elementos comienza a ascender. Este ascenso, coincide con un alto nivel de nitrógeno y fósforo en las hojas nuevas que se forman en ese momento.

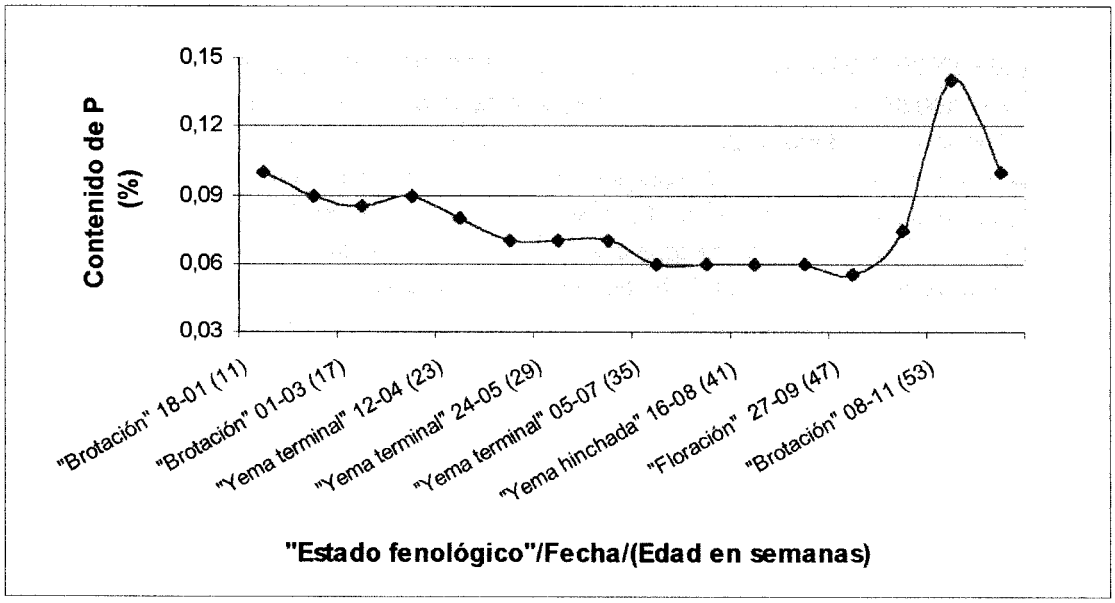

Figura 8. Evolución del contenido de fósforo en pedúnculos a través del tiempo, en palto var. Hass, Región Metropolitana.

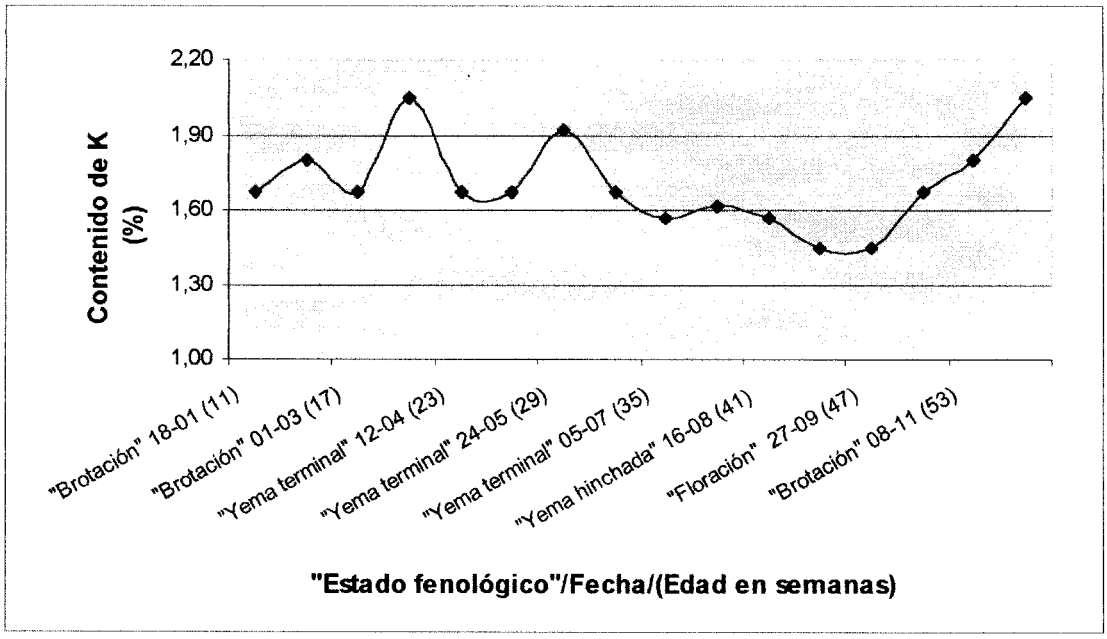

Figura 9. Evolución del contenido de potasio en pedúnculos a través del tiempo, en palto var. Hass, Región Metropolitana.

Respecto del potasio, se puede apreciar que, si bien la concentración en el pedúnculo es bastante variable, la tendencia de la curva es hacia la baja, estabilizándose bastante en el período de invierno, cuando llega a su nivel más bajo, para repuntar drásticamente con la brotación en primavera, como lo hace el nitrógeno y el fósforo. (Figura 9).

El comportamiento del calcio (Figura 10) es diametralmente opuesto al de los elementos anteriormente descritos. En efecto, su concentración en el pedúnculo aumenta gradualmente, desde el inicio del período de muestreo, para subir abruptamente hacia fines de invierno y hasta la brotación, momento en que cae. Esta fuerte caída coincide con la plena brotación, lo que permite pensar que ella obedece a la fuerte demanda de calcio que tiene el crecimiento de los brotes, que desviaría el flujo de este elemento hacia éllos. Similar razón se arguye para explicar la baja llegada de calcio al fruto del manzano en el período de brotación (Silva y Rodríguez , 1995). El hecho que la concentración de calcio en el pedúnculo disminuya, se podría atribuir a que éste es un tejido conductor y que cumple principalmente funciones de transporte y no es el destinatario del calcio en su función estructural y cementante de células.

El aumento en el contenido de calcio que presenta el pedúnculo, exceptuando lo que ocurre con esta caída, es similar a lo descrito para la hoja en numerosas publicaciones (Beutel *et al.*, 1994; Razeto, 1970; Westwood, 1978), donde se indica que aumenta con la edad del tejido.

En lo que se refiere al período de mayor estabilidad en el pedúnculo, el calcio también lo presenta durante el invierno.

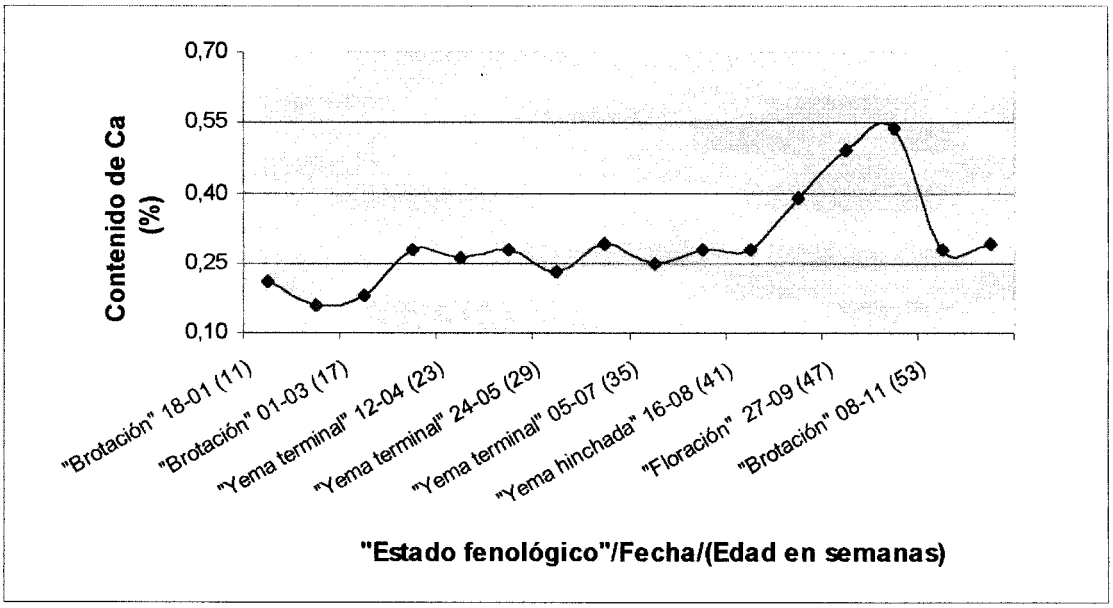

Figura 10. Evolución del contenido de calcio en pedúnculos a través del tiempo, en palto var. Hass, Región Metropolitana.

En cuanto a la evolución del magnesio, ésta no es tan clara como en los elementos ya indicados (Figura 11). Presenta un alza durante el otoño para comenzar a caer en invierno y llegar a su nivel más bajo a fines de éste. De allí en adelante su comportamiento es muy similar al del calcio. En este caso, la abrupta caída que ocurre al finalizar la brotación, también podría obedecer al fuerte consumo que tiene la formación de hojas en ese período, pues el magnesio forma parte de la molécula de clorofila.

En este elemento, el período de estabilización es más corto, coincidiendo con la mitad del invierno.

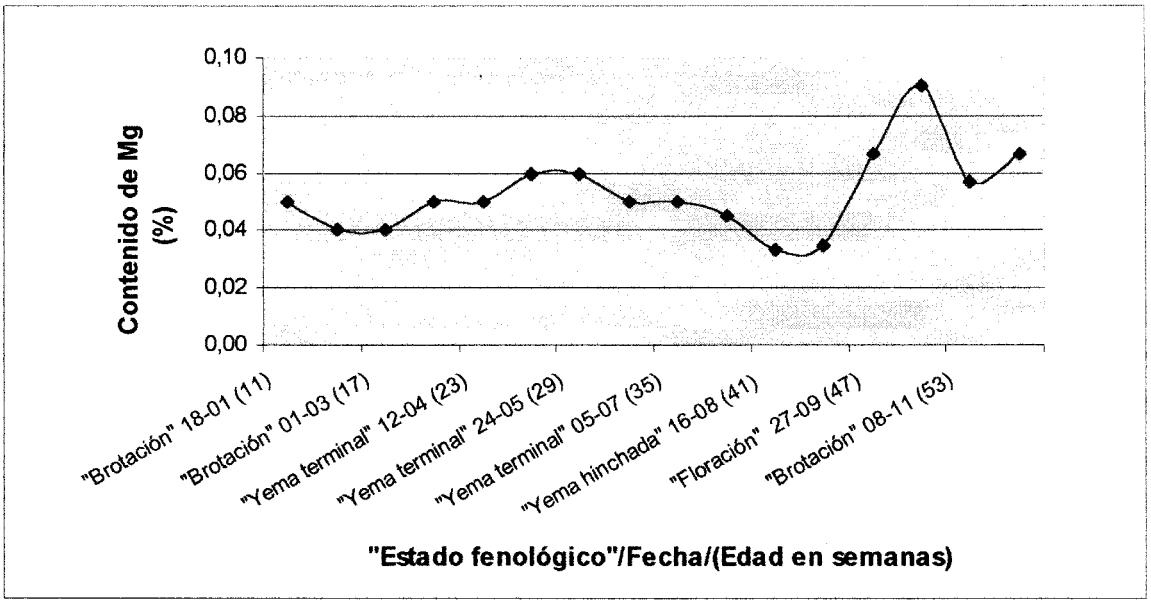

Figura 11. Evolución del contenido de magnesio en pedúnculos a través del tiempo, en palto var. Hass, Región Metropolitana.

En el caso del sodio y el cloro (figuras 12 y 13), el nivel aumenta a medida que transcurre el año, coincidiendo con lo que ocurre en las hojas de otros frutales, donde ambos elementos se van acumulando con el transcurso del tiempo (Uriu, 1978).

En ambos elementos, el período de mayor estabilidad también coincide con el pleno invierno.

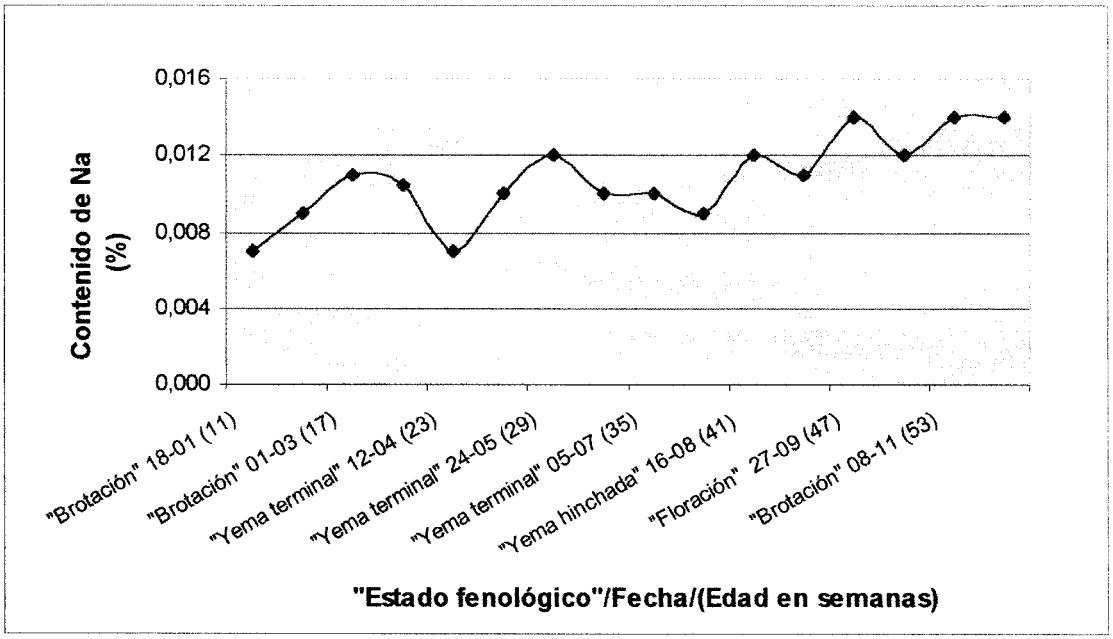

Figura 12. Evolución del contenido de sodio en pedúnculos a través del tiempo, en palto var. Hass, Región Metropolitana.

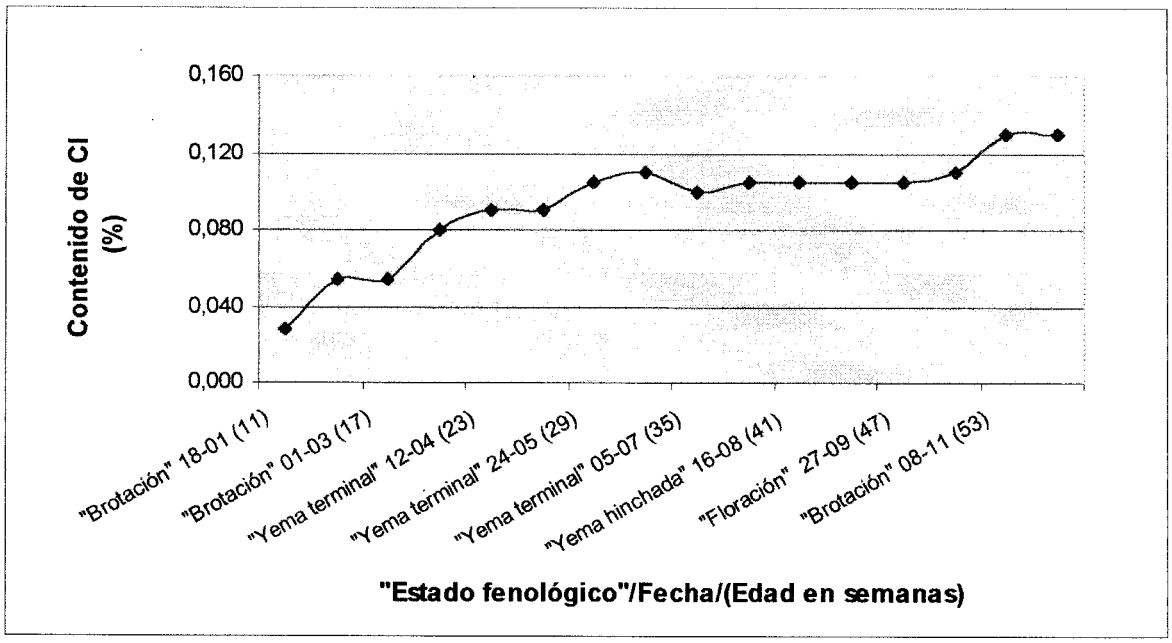

Figura 13. Evolución del contenido de cloro en pedúnculos a través del tiempo, en palto var. Hass, Región Metropolitana.

En lo referente al cobre, manganeso y cinc, estos elementos presentan, en general, un comportamiento relativamente similar (figuras 14; 15 y 16). Su concentración baja durante el invierno y sube con la brotación en primavera; sin embargo, en cobre y manganeso se manifiesta una baja drástica en el otoño.

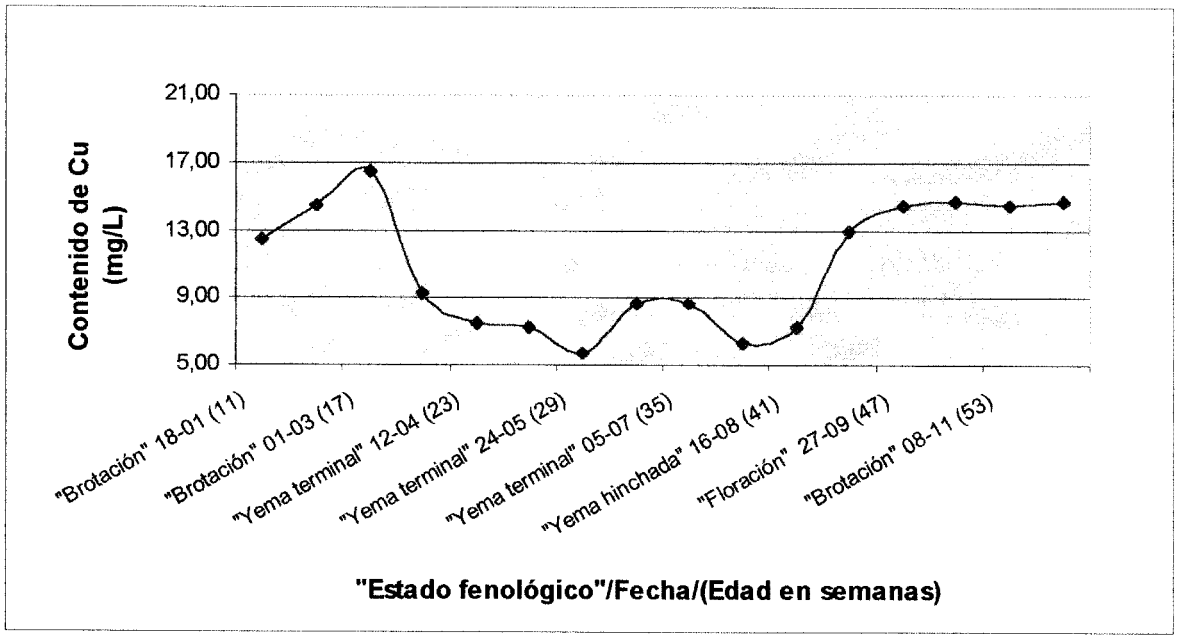

Figura 14. Evolución del contenido de cobre en pedúnculos a través del tiempo, en palto var. Hass, Región Metropolitana.

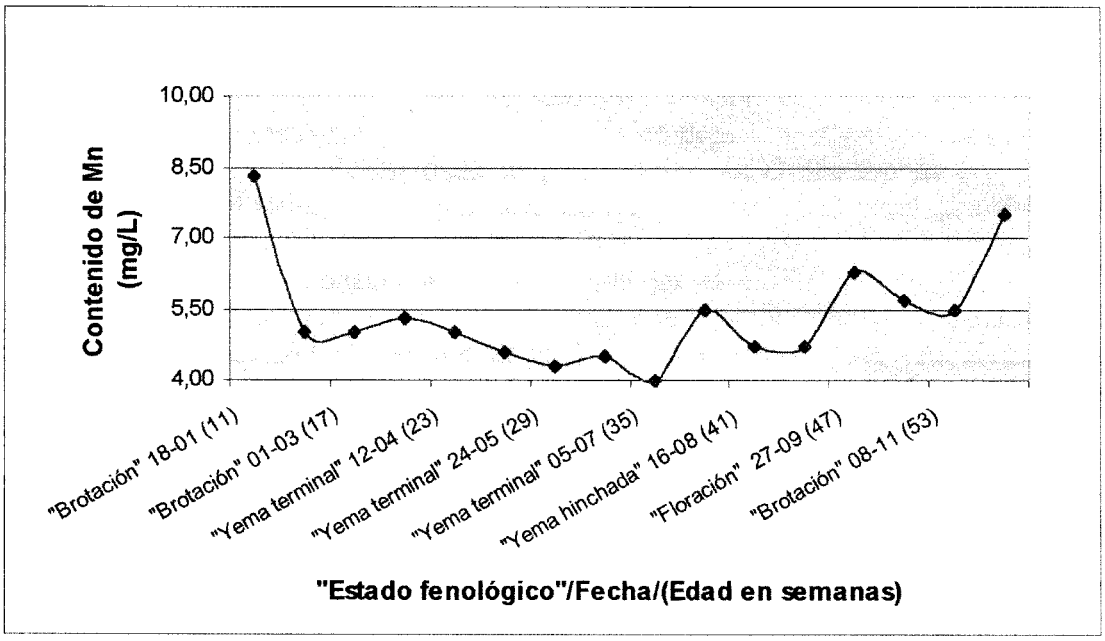

Figura 15. Evolución del contenido de manganeso en pedúnculos a través del tiempo, en palto var. Hass, Región Metropolitana.

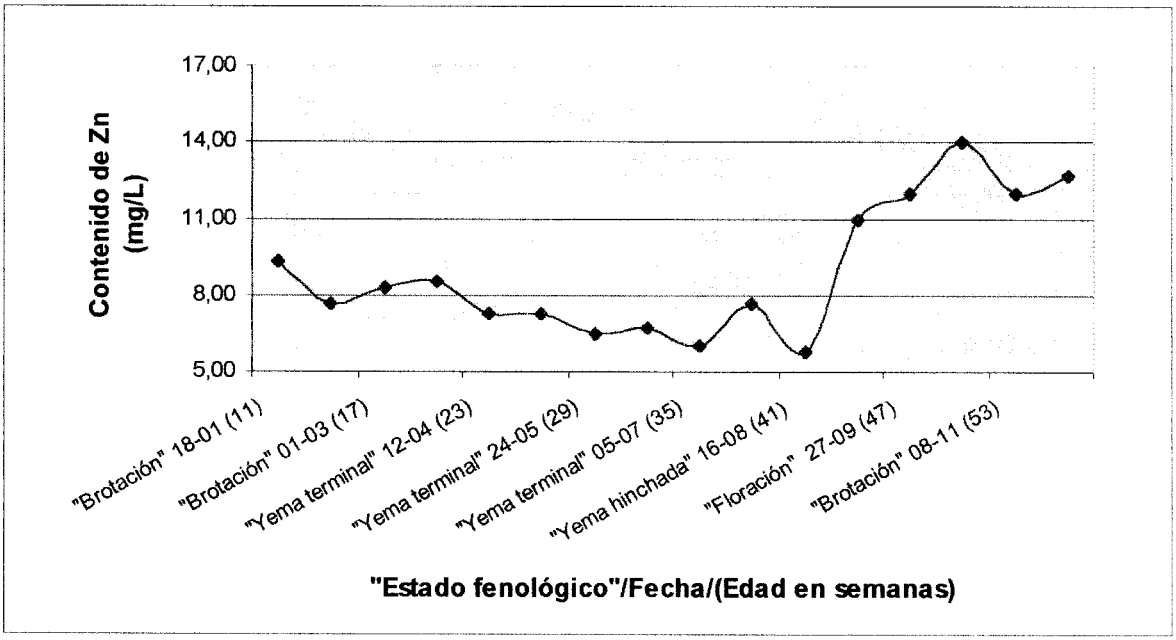

Figura 16. Evolución del contenido de cinc en pedúnculos a través del tiempo, en palto var. Hass, Región Metropolitana.

En el cinc y manganeso la mayor estabilidad ocurre en los meses de mayo y junio, cuando se detiene el crecimiento de brotes; en cobre este período se da en los meses de junio y julio.

La concentración de boro en el pedúnculo (Figura 17) se presentó bastante variable hasta fines de julio, momento en que se estabiliza hasta mediados de octubre, cuando presenta un repunte. En todo caso, la tendencia general es a subir lentamente con el transcurso de los meses, exceptuando el período de floración, donde probablemente exista una migración hacia las flores, dada su participación en el proceso de polinización. De hecho, la flor es el tejido con mayor acumulación de boro en el árbol de palto (Granger, 2001).

Finalmente, la concentración de hierro en el pedúnculo (Figura 18), aunque variable, presenta una tendencia a subir durante la temporada, similar a lo que ocurre en el calcio. Este comportamiento es similar al que habitualmente tiene este elemento en las hojas de otros frutales, donde su concentración aumenta a medida que el tejido va adquiriendo mayor edad (Razeto 1999).

Como en la mayoría de los elementos, el hierro presenta mayor estabilidad en el pedúnculo en los meses de invierno.

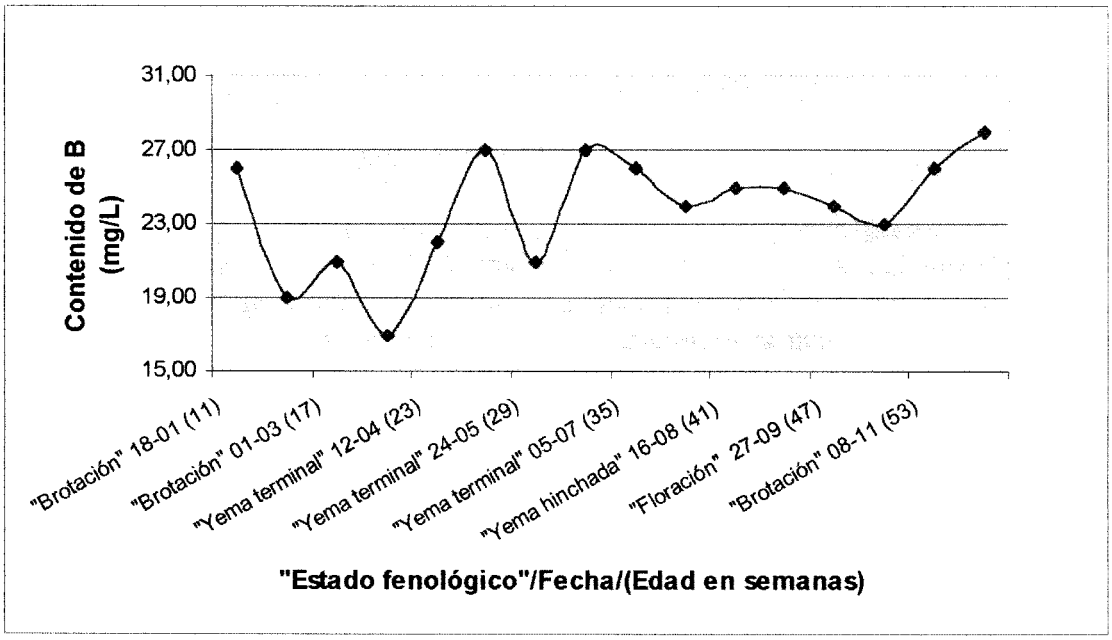

Figura 17. Evolución del contenido de boro en pedúnculos a través del tiempo, en palto var. Hass, Región Metropolitana.

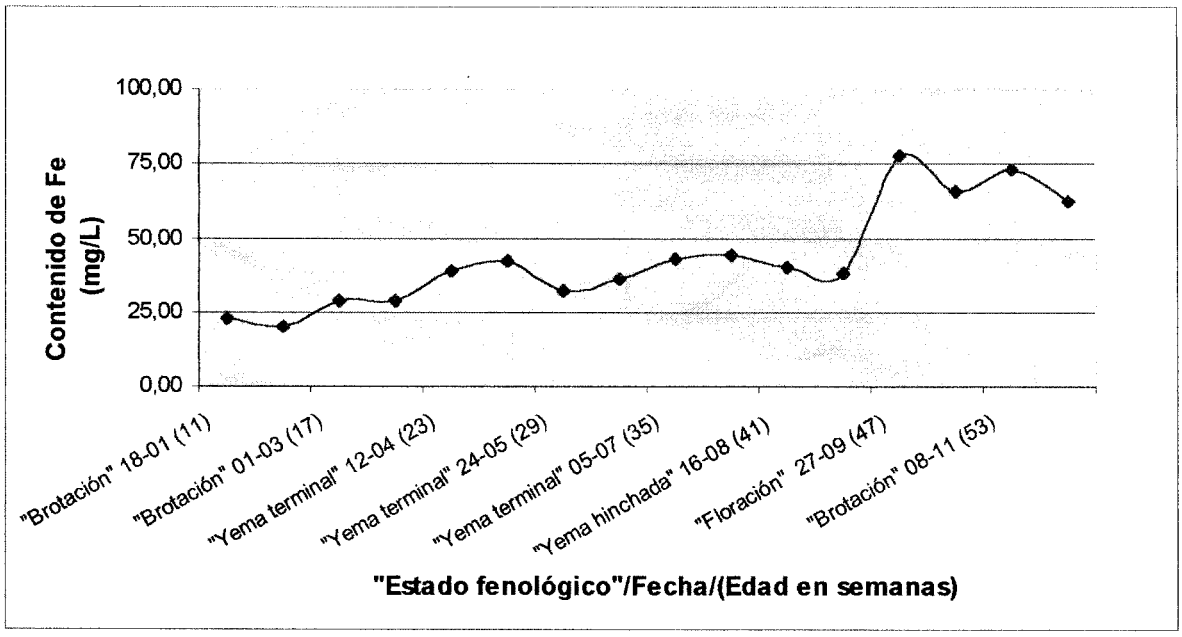

Figura 18. Evolución del contenido de hierro en pedúnculos a través del tiempo, en palto var. Hass, Región Metropolitana.

Período óptimo de muestreo de pedúnculos

Como se señaló anteriormente, cada nutriente tiende a presentar un contenido relativamente estable en los pedúnculos durante un cierto período del año, donde la curva presenta un tramo de posición horizontal o, al menos con una tendencia a serlo.

La época en que se presenta esta estabilización es la más conveniente para realizar la recolección de muestras, pues existe una mayor homogeneidad en el nivel de los nutrientes, con lo que se facilita la estandarización de resultados (Razeto, 1970; Smith, 1966).

En este ensayo, cada uno de los minerales presentó una tendencia propia, pero sí, todos presentaron un período de estabilidad, en el estado fenológico descrito como yema terminal e inicio de yema hinchada, (estado en que la planta, por circunstancias climáticas, baja su metabolismo y detiene su crecimiento).

En las figuras 19 y 20, se muestra respectivamente, la evolución de los macro y micronutrientes en el pedúnculo en curvas simplificadas a base de una media móvil. Se observa, que los trazos de curvas que se encuentran entre las líneas discontinuas, corresponden a aquel período donde los elementos presentan mayor estabilidad. Este período corresponde a aquel que va de comienzos de julio a mediados de agosto, con una edad del pedúnculo, de 35 a 43 semanas, aproximadamente. Estas observaciones, en conjunto, permiten aseverar que éste sería el período sugerido más adecuado para realizar el muestreo de pedúnculos, común para todos los elementos. Este intervalo de tiempo, en que se recomienda colectar los pedúnculos, ocurre uno a dos meses antes de la época en que normalmente se inicia la cosecha de esta variedad.

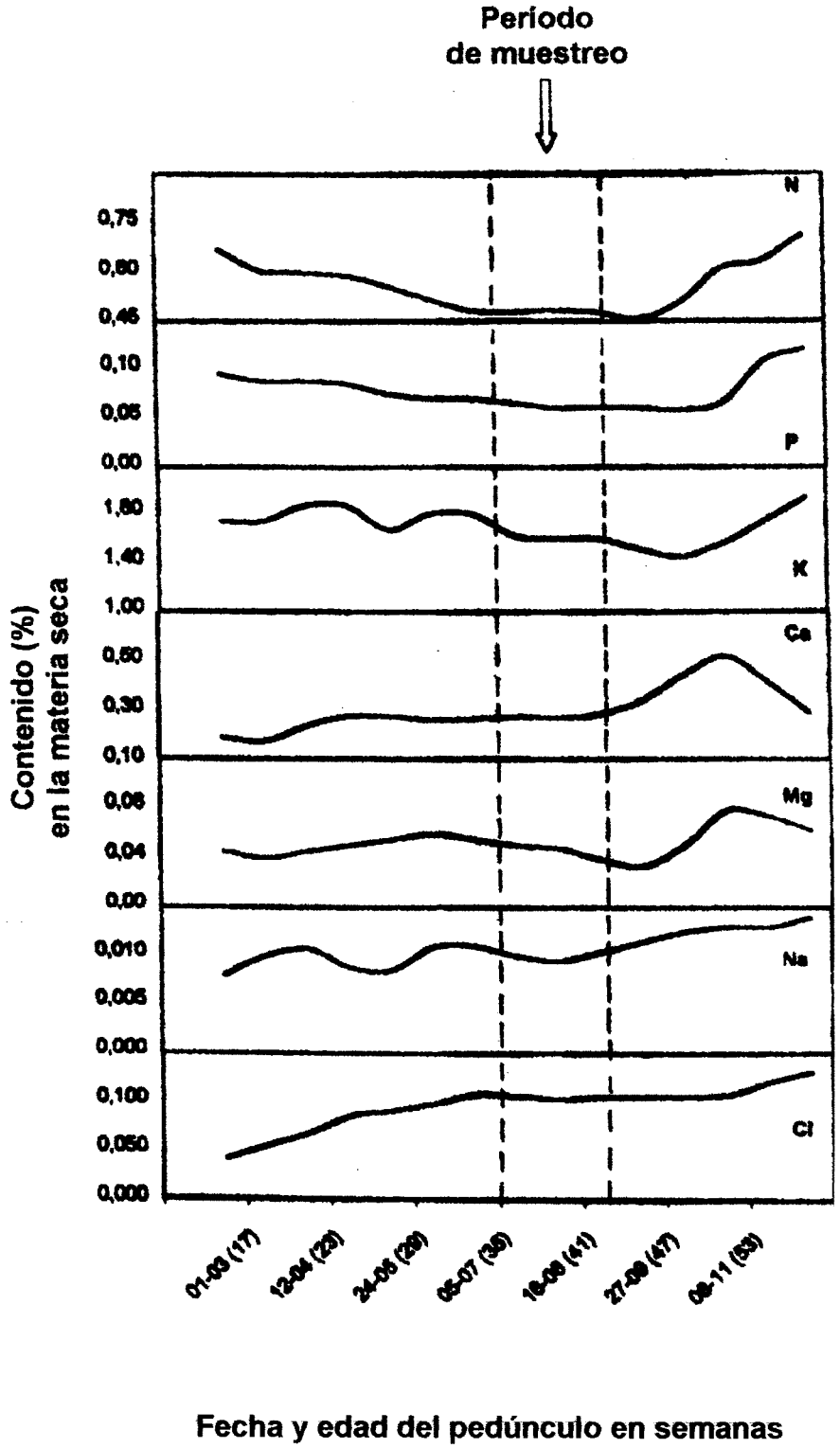

Figura 19. Evolución estacional de los macronutrientes en pedúnculo de palto var. Hass, Región Metropolitana.

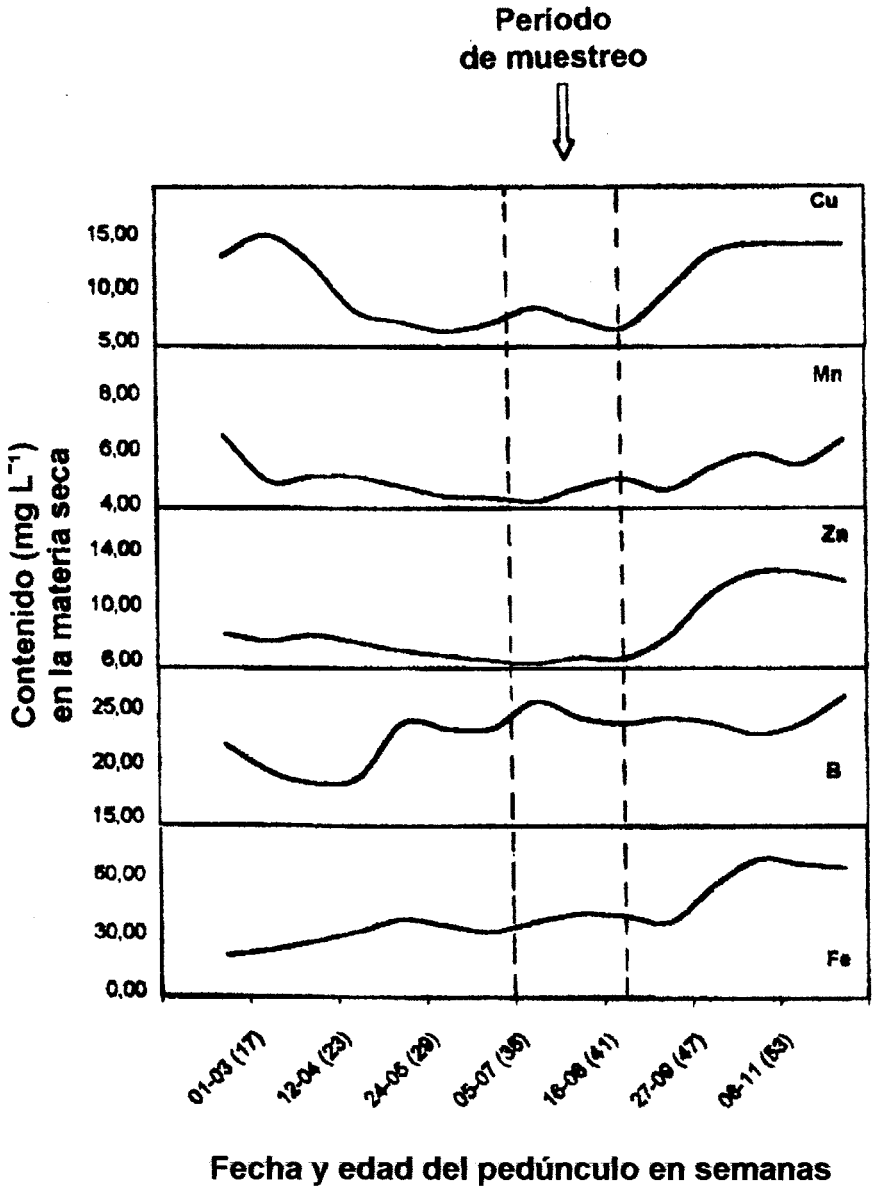

Figura 20. Evolución estacional de los micronutrientes en pedúnculo de palto var Hass, Región Metropolitana.

CONCLUSIONES

De la presente investigación se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- La flor presenta niveles de nitrógeno más altos que la hoja, mientras que el pedúnculo presenta niveles más bajos que la hoja.

- El pedúnculo presenta una mayor sensibilidad que la hoja y la flor para detectar diferencias en el nivel de nitrógeno del árbol.

- El pedúnculo y la flor representan mejor que la hoja la respuesta del árbol a la aplicación de nitrógeno al suelo.

- El pedúnculo presenta mayor relación que la flor con el nivel de nitrógeno en la hoja.

- El pedúnculo del fruto, e incluso la flor, son tejidos muy promisorios, probablemente mejores que la hoja, para determinar el nivel de abastecimiento de nitrógeno en el árbol de palto.

- Los distintos nutrientes presentan distinta evolución, en su concentración en el pedúnculo, durante el año.

- Todos los elementos presentan mayor estabilidad en su concentración en el período invernal, en el estado denominado como yema terminal.

- El período óptimo sugerido para el muestreo de pedúnculos en palto var. Hass, va desde inicios de julio hasta mediados de agosto, cuando la planta se encuentra en un estado de yema terminal e inicio de yema hinchada y los pedúnculos tienen 35 a 43 semanas de edad, aproximadamente.

LITERATURA CITADA

ÁLVAREZ de la PEÑA, F. 1981. El Aguacate. 3° edición. Publicaciones de Extensión Agraria, Ministerio de Agricultura, Madrid, España. 225 p.

BEUTEL J., URIU K., POST J., PEARSON J. 1994. Nutrition and fertilization. . pp. 58 – 60. *In*: Grant J., Hasey J., Scott J., Reil W. (Eds.) Kiwifruit growing and handling. United States. 134 p.

BINGHAM, F. T. 1961. Seasonal trends in nutrient composition of Hass avocado trees. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 78: 149 – 160.

EMBLETON, T. W., and DOROTHEA, G. 1958. Inlfuence of sampling date, season, and fertilization on macronutrients in Fuerte avocado leaves. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 72: 309 – 320.

EMBLETON, J. and JONES, W. 1966. Avocado and mango nutrition. pp. 51 –74. *In*: Childers, N. F. (Ed.). Fruit nutrition. Horticultural Publications. Rutgers – The State University. New Jersey. USA. 888 p.

FREGONI, M. 1980. Nutrizione e fertilizzazione della vite. Edagricole. Bologna, Italia. 418 p.

GRANGER, C. 2001. Análisis químico de flores y frutos para el diagnóstico de la nutrición mineral en palto (*Persea americana* Mill.). Memoria Ing. Agr. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. 16 p.

LABANAUSKAS, C. K. and GARBER, M. J. 1961. Seasonal changes in concentrations of zinc, copper, boron, manganese, and iron in Fuerte avocado leaves. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 77: 173 – 179.

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.

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

OPPENHEIMER, C. and KADMAN, A. 1962. Normal nutrition and nutritional disturbances in the avocado. Nat. and Univ. Inst. Of Agr. (Israel), Dept. Hort., Div. Subtropical Hort. Rep. 43, Proyect 6 – 1. 47 p. (Mimeo).

RAZETO B. 1970. Fecha de muestreo y su influencia en análisis foliar en duraznero. Boletín Técnico, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. (32): 13 – 20.

RAZETO, B. 1999. Para entender la fruticultura. 3° edición. Ed. Vértigo. Santiago, Chile. 373 p.

SANZ, M.; BELKHODJA, R.; TOSELLI, M.; MONTAÑES, L.; ABADÍA, A.; TAGLIASINI, 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 RODRIGUEZ, J. 1995. Fertilización de plantaciones frutales. C. Bonomelli (Ed.). Colección en Agricultura. Fac. Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Chile. 1° edición. Santiago, Chile. 519 p.

SMITH, P. F. 1966. Leaf analysis of citrus. pp. 208 – 228. *In*: Childers, N. F. (Ed.). Fruit nutrition. Horticultural Publications, Rutgers – The State University. New Jersey, U.S.A. 888 p.

TROCME, S. y GRAS, R. 1979. Suelo y fertilización en fruticultura. Ed. Mundi – Prensa. Madrid, España. 388 p.

URIU K. 1978. Soil and plant analysis and symptomalogy for diagnosis of mineral deficiencies and toxicities. pp. 89 – 96. *In*: Kester D., Micke W. (Eds.). Almond orchad management. University of California, Davis. United States. 150 p.

WESTWOOD M. 1978. Temperate zone pomology. Oregon State University. Oregon, United States. 482 p.