

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE AGRONOMÍA

MEMORIA DE TITULO

"CLOROSIS FÉRRICA" Y SU RELACIÓN CON EL NIVEL
DE CLOROFILA Y HIERRO EN DIFERENTES
ÓRGANOS EN PALTO
(*Persea americana* Mill.)

JOHANNA VALESKA PALACIOS FERNANDEZ

SANTIAGO - CHILE
2003

CONTENIDO

RESUMEN

Palabras clave

SUMMARY

Key words

INTRODUCCIÓN

Objetivos

MATERIALES Y MÉTODO

PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Color de las hojas y contenido de clorofila

Contenido de hierro en los tejidos

Color y contenido de clorofila de los frutos

Tamaño del fruto y contenido de aceite

CONCLUSIONES

LITERATURA CITADA.

"CLOROSIS FÉRRICA" Y SU RELACIÓN CON EL NIVEL DE CLOROFILA Y HIERRO EN DIFERENTES ÓRGANOS EN PALTO (*Persea americana* Mili.)

"IRON CHLOROSIS" AND ITS RELATIONSHIP WITH THE CHLOROPHYLL AND IRON IN DIFFERENT ORGANS IN AVOCADO TREES (*Persea americana* Mill.)

RESUMEN

El año 2002 se realizó un estudio sobre el diagnóstico de la clorosis férrica en palto en un huerto ubicado en la comuna de Quillota, V Región. El trabajo se efectuó en 12 árboles, de 22 años, de la variedad Hass afectados con distinto grado de clorosis férrica: 4 árboles con follaje normal, 4 árboles con clorosis de mediana intensidad y 4 con clorosis intensa. El día 13 de agosto, aproximadamente 40 semanas después de la floración, se colectaron por árbol 15 hojas desde brotes formados en la primavera y 15 frutos con pedúnculo. Posteriormente, el 2 de octubre se colectaron, por árbol 40 inflorescencias en estado de botón.

En las hojas y la piel de los frutos se midió color, con colorímetro triestímulo y concentración de clorofila, mediante extracción con etanol y medición de absorbancia en un espectrofotómetro. En las hojas, los pedúnculos, la pulpa de los frutos y las inflorescencias se determinó la concentración de hierro en espectrofotómetro de absorción atómica, previa calcinación y mineralización con ácido clorhídrico. Además, se midió el peso del fruto y el contenido de aceite en la pulpa.

La clorosis férrica se presentó muy bien definida por el valor b^* del color. Se encontró una alta relación ($R^2 = 0,95$) entre el valor b^* de color y la concentración de clorofila en la hoja. En cuanto a la concentración de hierro en los tejidos, sólo la pulpa del fruto presentó una alta correlación con el nivel de clorofila de la hoja ($R^2 = 0,67$). También se encontró una alta relación ($R^2 = 0,74$) entre el nivel de clorofila en el fruto y en la hoja. Además, se determinó un $R^2 = 0,93$ entre el nivel de clorofila de la hoja y el peso del fruto y un $R^2 = 0,68$ entre la clorofila de la hoja y la concentración de aceite en el fruto.

Tanto la concentración de clorofila en la hoja y en la piel del fruto, como la concentración de hierro en la pulpa del fruto, se presentan como certeros indicadores de la clorosis férrica en el árbol de palto, cualidad que el análisis foliar no posee.

Palabras clave: "Hass", análisis químico, hoja, inflorescencia, pedúnculo, fruto.

SUMMARY

A study on "iron chlorosis" in avocado was conducted during the 2002 season in an orchard located in Quillota, Chile. The study was done on twelve 22 - year - old avocado trees, Hass variety, with different degrees of iron chlorosis. Three levels of iron chlorosis were defined: absent, medium and severe (4 trees for each level).

Samples were taken twice during the study. Fifteen leaves and 15 fruits with peduncle per tree, were collected 40 weeks after bloom. Seven weeks later forty inflorescences were sampled from each tree.

On leaves and fruit peel, color by tri-stimulus colorimetric and chlorophyll content by absorbance were measured. Additionally, iron concentration by atomic absorption was determined on leaves, peduncles, inflorescences and fruit pulp. In addition, fruit weight and oil content were also measured.

A high correlation ($R^2= 0.95$) was found between the b^* color value and chlorophyll concentration on leaves. As for the iron content measured in different tissues, the fruit pulp was the only one showing a high relationship with the leaf chlorophyll content ($R^2= 0.67$). Also, a high correlation between the chlorophyll level of the fruit and that of the leaf was found ($R^2= 0.74$). Therefore, the leaf and fruit skin chlorophyll concentration as well as the fruit pulp iron content appear as better indicators of iron chlorosis than foliar analysis in avocado trees.

Furthermore, the leaf chlorophyll content was highly related with the fruit weight ($R^2= 0.93$) and oil content ($R^2= 0.68$).

Key words: "Hass", chemical analysis, leaf, inflorescence, peduncle, fruit.

INTRODUCCIÓN

Una de las funciones principales del hierro en la planta es su participación como catalizador en el proceso de síntesis de clorofila. De allí que la deficiencia de hierro se manifieste con el síntoma conocido como clorosis férrica, donde la planta presenta una amarillez, que comienza en las hojas nuevas afectando a la lámina sin incluir a las venas, que se mantienen como un reticulado verde. Las hojas basales se mantienen de color verde, pero si la deficiencia se agrava, también terminan por tornarse amarillas (Razeto, 1993). Las plantas afectadas disminuyen su producción, la calidad y tamaño de la fruta (Sanz *et al.*, 1997).

Entre los factores causantes de la deficiencia de hierro se encuentran, la alcalinidad del suelo, el alto nivel de carbonato de calcio en el suelo, el alto nivel de bicarbonatos en el agua de riego y el exceso de humedad en el suelo; esta última, por provocar un aumento en la concentración de bicarbonatos o de manganeso en el suelo, iones antagónicos con el hierro (Razeto, 1993; Loeppert; 1986).

La deficiencia de hierro es un problema nutricional bastante extendido en la fruticultura chilena y en numerosos países productores de fruta.

Dentro de los frutales, el palto se encuentra entre las especies más sensibles a la clorosis férrica, siendo las variedades de la raza mexicana y guatemalteca aquellas más frecuentemente afectadas (Kadman y Ben- Ya¹ acov, 1982; Razeto, 1993). Kadman (1962) sostiene que la variedad Hass (de raza guatemalteca) es más sensible que otras como "Fuerte" o "Edranol", presentando clorosis férrica en suelos, donde estas últimas no los hacen.

Por otra parte, es importante detectar precozmente la deficiencia de hierro, pues cuando ya está declarada en el árbol, éste disminuye su producción y, además la corrección del problema es más difícil y onerosa. Si bien los síntomas de esta deficiencia son bastante característicos, son confundibles con aquellos causados por una deficiencia de manganeso, por determinadas enfermedades

virosas o por el daño de ciertos herbicidas. Cuando la deficiencia de hierro se presenta asociada a la deficiencia o exceso de otros elementos minerales, los síntomas varían totalmente, resultando prácticamente imposible el diagnóstico mediante observación visual (Razeto, 1993).

Por los motivos señalados, es necesario disponer de una herramienta de diagnóstico, que permita detectar, certera y oportunamente, la deficiencia de este importante elemento.

La herramienta que cumple eficazmente el objetivo de diagnosticar el nivel de los elementos minerales en las plantas, es el análisis foliar. Éste consiste en determinar, mediante análisis químico de laboratorio, la concentración de cada elemento en las hojas, para luego comparar esta concentración con niveles estándares preestablecidos para cada especie. Lamentablemente, el hierro es el único elemento donde el análisis foliar no es efectivo, pues, generalmente, no hay una buena relación entre la concentración de hierro total (que es lo que determina el análisis foliar) y los síntomas de deficiencia en la planta. Ruiz *et al.* (1980), en duraznero, no encontraron una buena correlación entre el contenido de hierro en las hojas y el grado de clorosis férrica. Guzmán *et al.*, citados por Lucena (1997), señalan que, a veces las hojas cloróticas tienen incluso, más hierro total que las de color verde. Esta situación deriva del hecho que el problema no radica en la cantidad sino en la funcionalidad de este elemento. En efecto, se ha comprobado que sólo una pequeña fracción del hierro total en la planta es efectivamente usada en procesos metabólicos (Lucena, 1997). Esta fracción ha recibido el nombre de hierro activo. Kovanci, citado por Terry y Abadía (1986) no encontró relación entre el contenido de clorofila y el hierro total en la hoja, debido, precisamente, a que la participación en la síntesis de clorofila la tiene el hierro activo. Por su parte, Lucena (1997), trabajando en duraznero, encontró una alta relación entre la concentración de clorofila en la hoja y la concentración de hierro activo, extraído con quelato o HCl.

El análisis de hierro activo es un proceso complicado y, además, no ha sido posible determinar niveles estándares para utilizarlo como técnica de diagnóstico de la deficiencia de hierro. Por estos motivos se han buscado otras opciones, diferentes al análisis foliar, para diagnosticar la deficiencia de hierro. Una de ellas es el análisis de clorofila.

Ruiz *et al.* (1980), en duraznero, encontraron una alta correlación entre el contenido de clorofila de la hoja y el grado de clorosis férrica determinado por apreciación visual. Peryea y Kammereck (1997), trabajando en peral, encontraron que la determinación indirecta del nivel de clorofila en la hoja, con equipo Minolta SPAD 502, representa una buena opción para medir cuantitativamente la clorosis férrica. Por su parte, Lucena (1997), en duraznero, obtuvo buena correlación entre la concentración de clorofila total de la hoja y su contenido de hierro activo.

La otra opción que se está investigando es el análisis químico de flores. Se ha encontrado una buena relación entre el nivel de hierro y otros elementos en la flor de duraznero y el de la hoja 60 días después de floración (Sanz *et al.*, 1995) y entre el nivel de hierro y manganeso en la flor de peral y el de ambos elementos en la hoja 60 y 120 días después de floración (Sanz *et al.*, 1994). Además, la concentración de hierro en la flor fue mayor que en la hoja. El análisis de flores, entonces, permitiría diagnosticar problemas nutricionales precozmente en la primavera, antes que con el tradicional análisis foliar (realizado a fines de verano)

Posteriormente, Sanz *et al.* (1997), trabajando en duraznero en España, encontraron una alta correlación entre la concentración de hierro en la flor y el nivel de clorofila (con equipo SPAD) en las hojas, en diferentes épocas durante la temporada, lo cual abre la posibilidad de usar el análisis floral como herramienta para predecir la clorosis férrica. Sin embargo, en ensayos realizados por los mismos autores en Italia, no se obtuvo tal correlación.

Por otra parte, en dos investigaciones realizadas en palto en Chile, Granger (2001) y Salgado (2002) señalan que el análisis químico de la flor y del pedúnculo del fruto aparece como herramienta muy promisoría, probablemente mejor que el

análisis foliar, para determinar el nivel de abastecimiento de elementos minerales en el árbol. La primera autora encontró que la flor presenta un mayor contenido de la mayoría de los elementos minerales que la hoja. Por su parte, el pedúnculo apareció como un tejido mejor indicador que la hoja y que la flor para diagnosticar el nivel de la mayoría de los elementos minerales.

En la segunda investigación se obtuvo que los análisis del pedúnculo y de la flor representan mejor que el análisis de la hoja la respuesta del árbol de palto a la aplicación de nitrógeno al suelo. El mismo autor señala que el período más adecuado de muestreo de pedúnculos para el análisis de todos los elementos minerales, sería aquel comprendido entre inicios de julio y mediados de agosto, cuando la planta se encuentra en el estado fenológico de "yema terminal" y los pedúnculos tienen 35 a 43 semanas de edad.

En consideración a todos estos antecedentes se realizó la presente investigación, cuyo objetivo fue evaluar la factibilidad del análisis de clorofila en la hoja y el fruto, además del hierro en la flor, pedúnculo y fruto como herramientas indicadoras del nivel de hierro en palto. Simultáneamente, se determinó el efecto de la clorosis férrica en el tamaño del fruto y su concentración de aceite.

MATERIALES Y MÉTODO

El estudio se realizó el año 2002, en un huerto de la variedad Hass, ubicado en la Comuna de Quillota, V Región. Los árboles tenían 22 años, estaban plantados a 7 x 7 m y se regaban por microaspersión. En el huerto había numerosos árboles afectados por clorosis férrica en distintas intensidad, causada probablemente por un pH 7,4, un alto nivel de materia orgánica en el suelo, unido a un exceso de humedad y una concentración de bicarbonato de 5,2 meq L⁻¹ en el agua de riego (muestras colectadas el 13 de agosto).

La clorosis existente fue determinada por sintomatología y confirmada el mediante aplicación de quelato Fe- EDDHA al suelo a un árbol, el 2 octubre, en dosis de 500 g. A los 30 días de la aplicación el árbol cambió la coloración de su follaje, de amarillo a verde.

El día 13 de agosto se seleccionaron 12 árboles de similar tamaño, pero con distinto grado de clorosis: 4 árboles con follaje normal, de color verde; 4 con clorosis de mediana intensidad y 4 severamente cloróticos. Los árboles se encontraban en el estado fenológico "yema hinchada", aproximadamente 40 semanas después de floración.

El mismo día de la selección, se colectó, separadamente por árbol, muestras representativas, formadas por 15 hojas por árbol, desde brotes formados en la primavera y 15 frutos con pedúnculo por árbol. Los frutos, aún verdes, se encontraban a dos meses de desarrollar el color negro en la piel. El 2 de octubre se colectaron 40 inflorescencias por árbol, las cuales estaban en estado de botón, fase D, según Aubert y Lossois, citados por Alvarez de la Peña (1981).

Todas las muestras fueron colocadas en bolsas de plástico y transportadas el mismo día en envase refrigerado al laboratorio.

El mismo día de la recolección, se midió color en cada hoja y en la piel de cada fruto de la muestra, mediante colorímetro triestímulo marca Minolta, modelo CR200 b, sistema CIELAB, con fuente lumínica D 65 y un ángulo observador igual acero (Voss, 1992).

En las mismas muestras se realizó análisis de clorofila en hojas y frutos. Para ello, previo a las mediciones de color, se extrajo con un sacabocado un disco de 0.9 mm de diámetro en cada hoja de la muestra (siempre en el mismo lugar de la lámina, evitando incluir venas primarias o secundarias). Con el mismo instrumento se obtuvo un disco de piel en siete frutos por muestra. Las muestras de discos se almacenaron por dos días a -80 °C y luego fueron analizadas en el Laboratorio de Bioquímica de la Facultad, mediante el método Lichtenthaler y Wellburn (1983), modificado. Cada muestra fue molida con adición de etanol, en un mortero de porcelana, mantenido en frío dentro de un recipiente con hielo, en cámara oscura. Luego de separar la fase líquida mediante centrifugación, se midió absorbancia a 665 y 649 nm (clorofila a y b respectivamente), en un espectrofotómetro marca Shimadzu UV-1601.

Se determinó la concentración de hierro total en hojas, pedúnculos, frutos e inflorescencias en el Laboratorio de Análisis Foliar de la Facultad. Las muestras fueron lavadas con agua destilada y luego con agua bidestilada.

Para el análisis del fruto se obtuvieron rebanadas de pulpa, sin piel, de cada fruto.

Todas las muestras fueron secadas a 70 °C, por 48 horas, en una estufa con circulación forzada de aire y luego molidas en un mortero de porcelana. Para el análisis de hierro se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica marca GBC, modelo 905 AA, previa calcinación de la muestra a 520 °C durante 15 horas y mineralización con ácido clorhídrico.

Con el fin de determinar el efecto de la clorosis férrica sobre el tamaño y madurez del fruto, se aprovecharon las muestras de 15 frutos por árbol, pesándolos individualmente y determinando el porcentaje de aceite en una

muestra compuesta por rebanadas de pulpa de cada uno. Esta muestra fue pesada y secada en estufa con circulación forzada de aire, a 70 °C, durante 72 horas, y luego molida en un mortero de porcelana. La concentración de aceite se determinó por extracción con éter de petróleo (método Soxhlet).

Se utilizó un diseño experimental totalmente al azar, con cuatro repeticiones por cada nivel de clorosis. La unidad experimental fue un árbol.

Los resultados fueron analizados mediante análisis de varianza (ANDEVA), más prueba de comparación múltiple de Tukey. Se realizó análisis de correlación entre variables.

PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Color de las hojas y contenido de clorofila

El color de las hojas medido con colorímetro triestímulo, en sus tres valores (L^* , a^* y b^*), presentó diferencias significativas entre los tres grupos de árboles (Cuadro 1). Sin embargo b^* fue aquella con mayores diferencias entre cada grupo, lo cual permite afirmar que, sería la más adecuada para determinar color de follaje en árboles con clorosis férrica. Esto quedó corroborado con la altísima correlación ($R^2= 0,95$; Figura 1), entre el valor de b^* de la hoja y la concentración de clorofila en la misma, contra $R^2= 0,90$ y $0,19$ para L^* y a^* respectivamente. Un L^* mayor indica un incremento en el color blanco, un a^* más negativo indica mayor presencia de color verde y un b^* mayor tendencia hacia el amarillo (Voss, 1992; Howard *et al.*, 1996). La asociación entre color y clorofila permite validar lo obtenido por Peryea y Kammereck (1997) quienes, utilizando un equipo SPAD en peral, señalan que la determinación indirecta del nivel de clorofila en la hoja, por colorimetría, es una buena opción para cuantificar la clorosis férrica. Sin embargo, hay otros nutrientes (nitrógeno, magnesio, manganeso), que también participan en la síntesis de clorofila, lo cual resta confiabilidad a esta opción de diagnóstico.

Cuadro 1. Color de las hojas según el grado de clorosis férrica en árboles de palto.

Clorosis follaje	Color		
	L^*	a^*	b^*
Ausente	32,5 a	- 6,6 a	7,8 a
Mediana	42,5 b	- 15,5 c	27,4 b
Intensa	61,5 c	- 11,0 b	50,0 c

Promedio seguido de distinta letra indican diferencia significativa entre los respectivos grupos de árboles, $p \geq 0,05$.

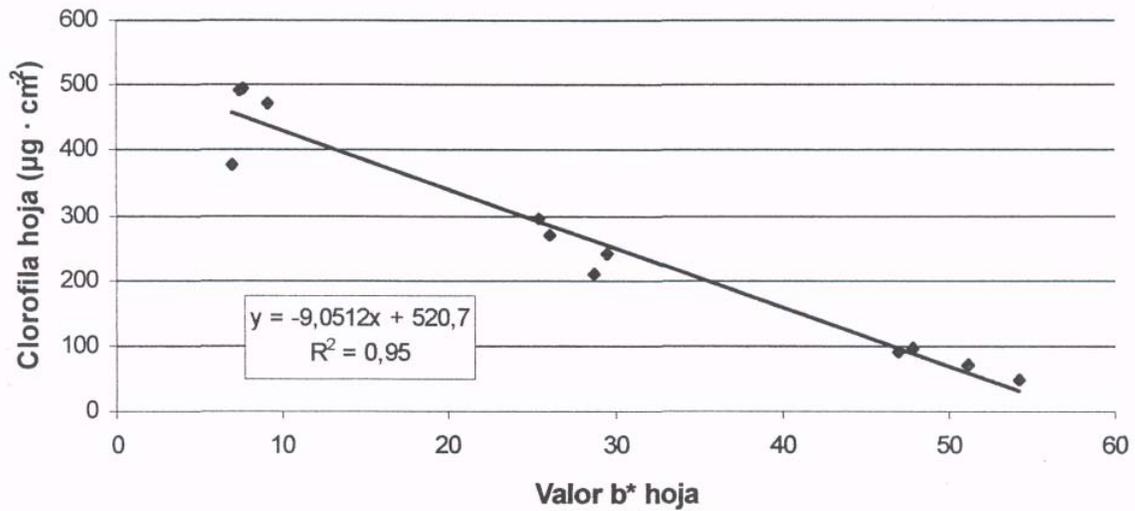


Figura1. Relación entre el valor b* de color y la concentración de clorofila en la hoja de palto.

Contenido de hierro en los tejidos

La concentración de hierro en cada tejido se presenta en el Cuadro 2. Como se puede observar, sólo el fruto es el tejido que acusó diferencias significativas, entre los árboles sanos y aquellos con clorosis férrica.

La concentración de hierro en las hojas no presentó una buena relación con la concentración de clorofila en la misma ($R^2 = 0,22$). Este resultado confirma lo obtenido en diversas investigaciones en distintas especies frutales (Ruiz *et al.*, 1980; Kovanci, citado por Terry y Abadía, 1986; Guzmán *et al.*, citado por Lucena 1997; Lucena, 1997).

Tampoco la inflorescencia apareció como un tejido adecuado para indicar clorosis férrica ($R^2 = 0,02$). Esto no coincide con los resultados obtenidos por Sanz *et al.* (1997), en duraznero en España, quienes reportaron una alta correlación entre las concentraciones de hierro en la flor y el nivel de clorofila en las hojas. En

cambio, coincide con lo obtenido por los mismo autores en Italia, donde no obtuvieron tal correlación, en duraznero.

El pedúnculo tampoco presentó una buena correlación entre su concentración de hierro y el nivel de clorofila en la hoja ($R^2= 0,15$), resultado que lo descarta como un tejido indicador de la clorosis férrica.

En cambio, la concentración de hierro en la pulpa del fruto presentó una alta correlación ($R^2= 0,67$) con la concentración de clorofila en la hoja (Figura 2). Una posible explicación de este resultado sería que, estando el hierro en menor concentración en el fruto que en los otros tejidos analizados, una alta proporción del mismo corresponda al hierro activo, que es el que participa en la síntesis de clorofila. Este resultado que es inédito, permite visualizar al fruto como un órgano promisorio para el diagnóstico de la deficiencia de hierro, al menos en el palto. De esta manera se abre la posibilidad de utilizar el análisis químico de hierro total, que es de fácil y económica aplicación, y que, aunque es de uso rutinario en los laboratorios, no funciona en el análisis foliar.

Cuadro 2. Concentración de hierro en distintos tejidos, según el grado de clorosis férrica en árboles de palto. Base peso seco.

Clorosis follaje	Hoja	Inflorescencia	Pedúnculo	Fruto
		mg · kg ⁻¹		
Ausente	120,0	53,2	79,1	13,8 a
Mediana	108,5	50,0	76,3	10,0 b
Intensa	98,4	53,2	97,2	8,5 b

Promedios seguidos de distinta letra indican diferencia significativa entre los respectivos grupos de árboles, $p \geq 0,05$.

Según las cifras de la Figura 2, el nivel crítico de hierro en la pulpa del fruto se ubicaría entre 10 y 13,8 mg · kg⁻¹. Sin embargo, se requiere de análisis adicional en un mayor número de árboles y en diferentes huertos afectados por clorosis férrica, para fijar una cifra definitiva.

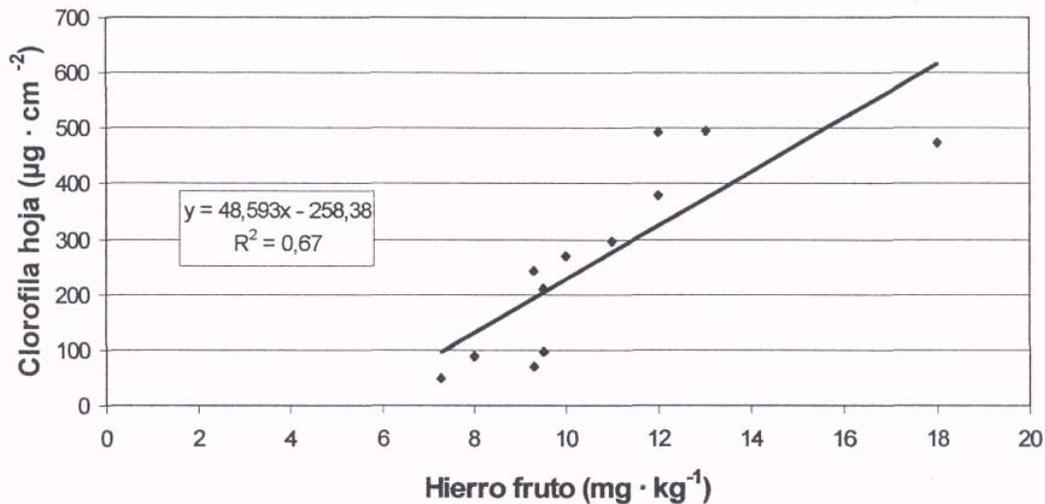


Figura 2. Relación entre la concentración de hierro en la pulpa del fruto y el nivel de clorofila en la hoja de palto.

Color y contenido de clorofila de los frutos

El color y la concentración de clorofila en los frutos también estuvieron altamente relacionados con el grado de clorosis férrica en el follaje. La piel del fruto presentó una coloración verde oscura en los árboles normales, verde clara en los intermedios y verde amarillenta en los afectados por clorosis severa, con diferencias significativas entre ellos (Cuadro 3). Además, el color del fruto se presentó muy relacionado con el contenido de clorofila en la hoja, con un $R^2 = 0,87$, para el valor L^* ; 0,83 para a^* y 0,89 para b^* (Figura 3). Similar grado relación ($R^2 = 0,74$) se obtuvo entre el nivel de clorofila de la hoja y del fruto (Figura 4).

También se encontró una alta relación entre el color del fruto y la concentración de clorofila en el mismo, con valores $R^2 = 0,78$ para L^* ; 0,62 para a^* y 0,77 para b^* (Figura 5), siendo en este caso los valores L^* y b^* aquellas con mayor grado de asociación con la clorofila.

Estos resultados, junto con confirmar lo señalado por Lahav y Whiley (2002), en el sentido que la clorosis férrica afecta tanto al color del follaje como al de los frutos en el palto, permiten establecer al fruto como un certero indicador del grado de clorosis férrica en el árbol, no sólo como ya se vio, por su contenido de hierro sino que, además, por su color y contenido de clorofila.

Cuadro 3. Color de la piel del fruto según el grado de clorosis férrica del follaje en árboles de palto.

Clorosis follaje	L*	a*	b*
Ausente	36,3 a	- 11,0 a	16,6 a
Mediana	42,6 b	- 12,9 b	26,5 b
Intensa	50,7 c	- 14,9 c	33,8 c

Promedios seguidos de distinta letra indican diferencia significativa entre los respectivos grupos de árboles, $p \geq 0,05$.

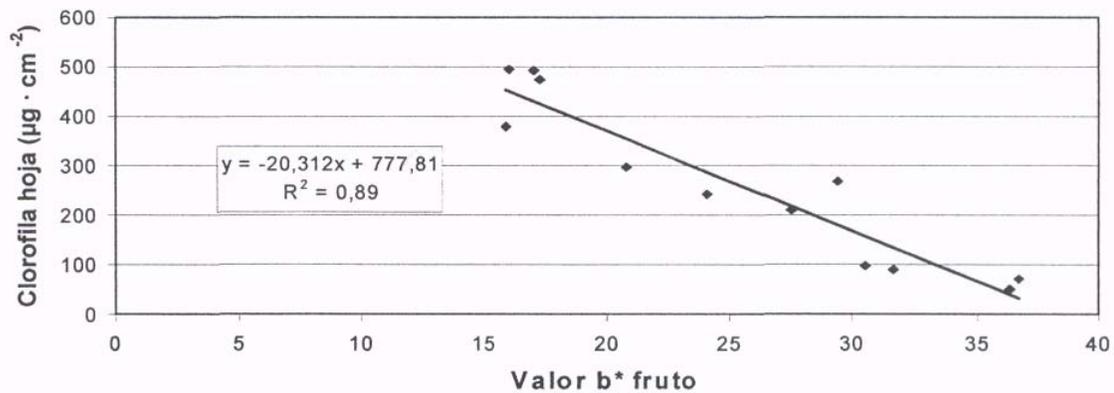


Figura 3. Relación entre el valor b* de color en el fruto y la concentración de Clorofila en la hoja del palto.

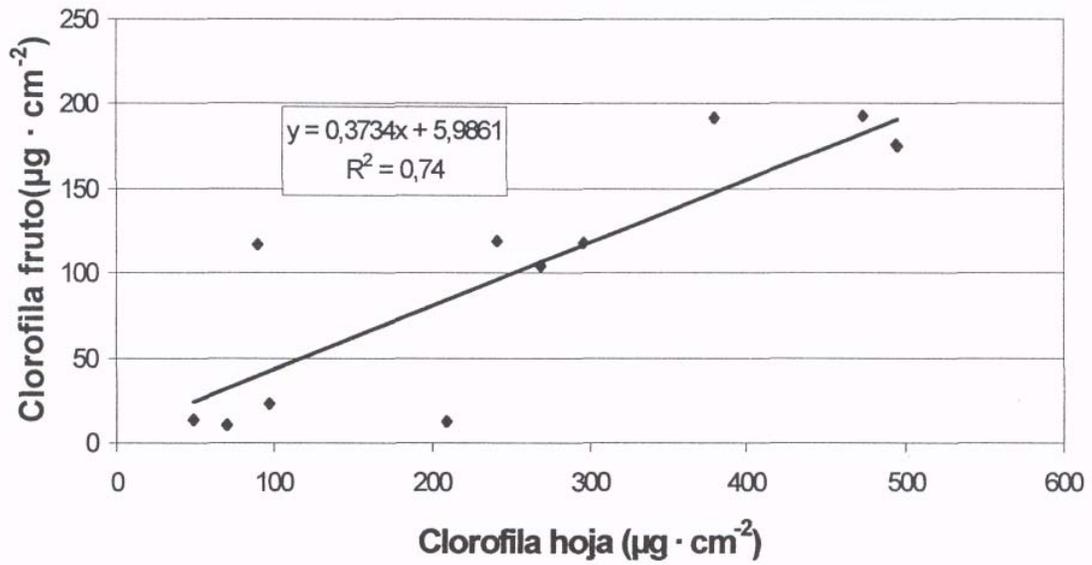


Figura 4. Relación entre la concentración de clorofila en la hoja y en la piel del Fruto de palto.

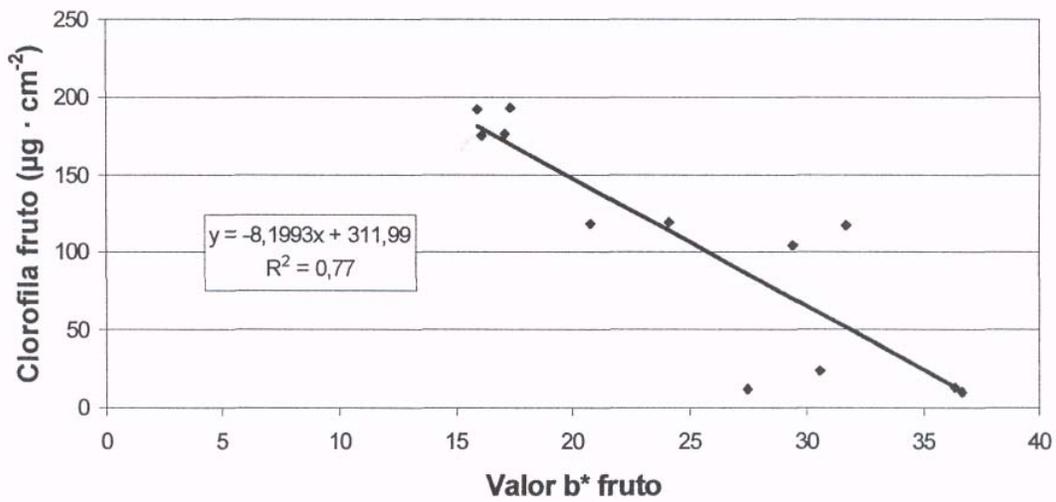


Figura 5. Relación entre el valor b^* de color y el contenido de clorofila en el fruto de palto.

Tamaño del fruto y contenido de aceite

En el Cuadro 4 se puede observar que la clorosis férrica influyó negativamente en el peso del fruto y en su contenido de aceite.

Se encontró un $R^2= 0,93$ entre el nivel de clorofila de la hoja y el peso del fruto (Figura 6) y un $R^2= 0,68$ entre la clorofila de la hoja y la concentración de aceite en el fruto (Figura 7). Cabe consignar, que la clorosis férrica no habría alterado la madurez del fruto, pues éste desarrolló su color negro en la piel en igual fecha en todos los árboles (fines de octubre).

La disminución en el tamaño del fruto como consecuencia de la clorosis férrica confirma, en este caso en palto, lo obtenido por Razeto y Rojas (1977) en duraznero, mientras que la disminución en el contenido de aceite coincide con lo observado por Lee (1981), en palto. La menor actividad fotosintética de los árboles con follaje clorótico sería la causa de estos resultados.

Cuadro 4. Peso del fruto y concentración de aceite, según el grado de clorosis férrica árboles de palto.

Clorosis follaje	Peso Fruto (g)	% aceite pulpa
Ausente	185,7 a	8,3 a
Mediana	150,3 b	5,6 a
Intensa	107,3 c	5,2 b

Promedios seguidos de distinta letra indican diferencia significativa entre los respectivos grupos de árboles, $p \geq 0,05$.

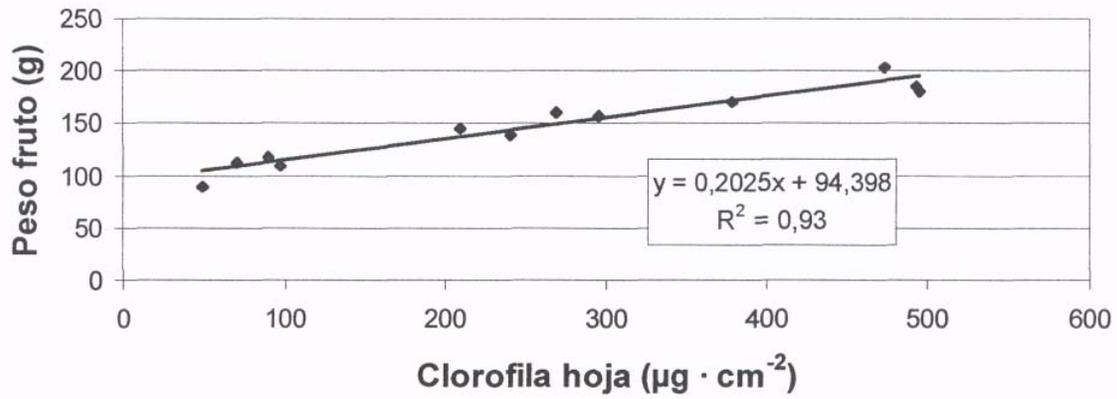


Figura 6. Relación entre el contenido de clorofila de la hoja y el peso del fruto en palto.

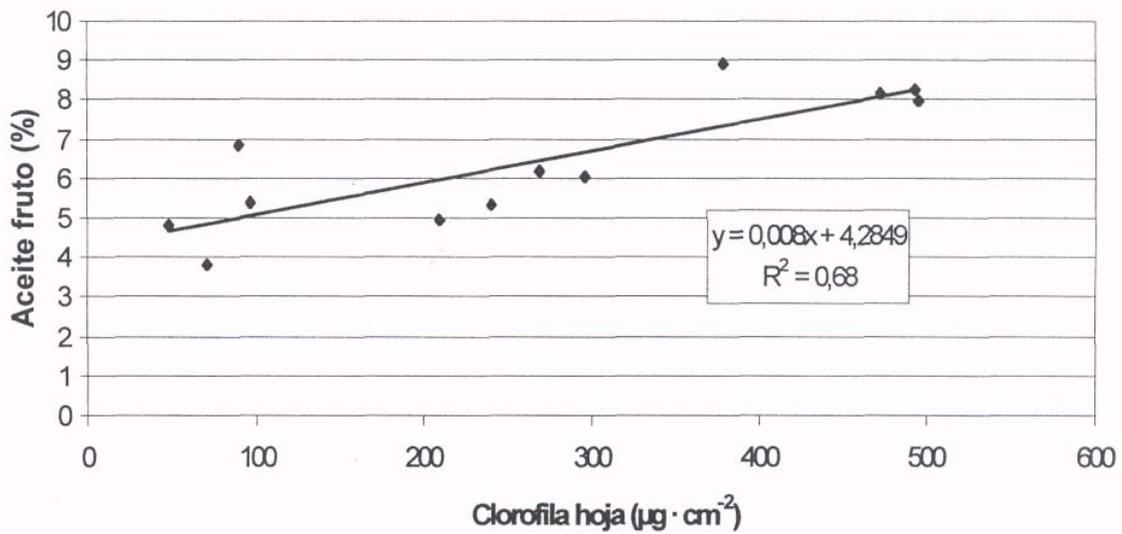


Figura 7. Relación entre el nivel de clorofila en la hoja y el contenido de aceite en el fruto de palto.

CONCLUSIONES

- El color de la hoja, medido con colorímetro triestímulo, especialmente el valor b^* , es un buen indicador de la clorosis férrica en el árbol de palto.
- La concentración de clorofila en la hoja, también es representativa de la clorosis férrica del árbol.
- La concentración de hierro en la pulpa del fruto, aparece promisorio como indicador del nivel de clorosis férrica del árbol.
- La concentración de hierro en la hoja, la inflorescencia y el pedúnculo del fruto no guarda relación con la clorosis férrica.
- La clorosis férrica, proporcionalmente a su intensidad, produce desarrollo de color amarillo y un menor nivel de clorofila en la piel del fruto de palto, lo cual también perfila a estas variables como herramientas para el diagnóstico de la clorosis férrica.
- La clorosis férrica disminuye ostensiblemente el tamaño y la concentración de aceite en el fruto de palto.

LITERATURA CITADA

- ÁLVAREZ de la PEÑA, F. 1981. El aguacate. 3° edición. Publicaciones de Extensión Agraria, Ministerio de Agricultura, Madrid, España. 225p.
- 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. 16p.
- HOWARD, L; BRASWELL, D. and ASLAGE, J. 1996. Chemical composition and color of strained carrots as affected by processing. *Journal of Food Science* 6 (2): 327 - 330.
- KADMAN, A. 1962. Soil treatments with iron chelates to cure chlorotic avocado trees in Israel. *California Avocado Society Yearbook* 46: 73 - 75.
- KADMAN, A. and BEN- YA ACOV, A. 1982. Selection of avocado rootstocks for calcareous soils. *Journal of Plant Nutrition* 5 (4-7): 639 - 643.
- LAHAV, E. and WHILEY, A. 2002. Irrigation and mineral nutrition pp 259 - 297. *In*: Whiley, A; Schaffer, b. and Wolstenholme, B. (Eds). *The avocado, botany, production and uses*. CABI Publishing, New York, USA. 416 p.
- LEE, S. 1981. A review and background of avocado maturity standard. *California Avocado Society Yearbook* 65: 101 -109.
- LICHTENTHALER, H. and WELLBURN, A. 1983. Determination of total carotenoids and chlorophyll a and b of leaf extract in different solvents. *Biochemical Society Transaction* 603: 591 - 592.
- LOEPPERT, R. 1986. Reaction of iron and carbonates in calcareous soil. *Journal of Plant Nutrition* 9 (3-7): 195 - 214.
- LUCENA, J. 1997. Methods of diagnosis of mineral nutrition of plants: a critical review. *Acta Horticulturae* 448: 179 -192.

PERYEA, F. and KAMMERECK, R. 1997. Use of SPAD meter to quantify the effectiveness of mid-summer trunk injection of iron on iron deficient pear trees. *Acta Horticulturae* 448: 359 - 360.

RAZETO, B. and ROJAS, S. 1977. Tratamientos correctivos de la clorosis férrica en duraznero. *Investigación Agrícola (Chile)* 3 (1): 17 - 22.

RAZETO, B. 1993. La nutrición mineral de los frutales. Deficiencias y excesos. SOQUIMICH, Chile. 105p.

RUIZ, R.; MELLE, M. y ESPINOSA, R. 1980. Análisis de clorofila como índice indirecto de clorosis férrica en nectarinos. *Agricultura Técnica (Chile)* 40 (4): 161 - 163.

SALGADO, J. 2002. Análisis mineral del pedúnculo y la flor para el diagnóstico del estado nutricional en el palto (*Persea americana* Mill.). Memoria Ing. Agr. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. 34 p.

SANZ, M.; CARRERA, M. and MONTAÑÉS, L. 1994. The possibility of using floral analysis to diagnose the nutritional status of pear trees. *Acta Horticulturae* 367: 290 - 295.

SANZ, M.; VAL, J.; MONGE, E. and MONTAÑÉS, L. 1995. Is it possible to diagnose the nutritional status of peach trees by chemical analysis of their flowers? *Acta Horticulturae* 383: 159 - 163.

SANZ, M.; BELKHODJA, R.; TOSELLI, M.; MONTAÑÉS, L.; ABADÍA, A.; TAGLIAVINI, M.; MARAGONI, B. and ABADÍA, J. 1997. Floral analysis as a possible tool for the prognosis of iron deficiency in peach. *Acta Horticulturae* 448: 241 - 245.

TERRY, N. and ABADÍA, J. 1986. Function of iron in chloroplast. *Journal of Plant Nutrition* 9 (3-7): 609 - 646.

VOSS, D. 1992. Relating colorimeter measurement of plant color to the royal horticultural society color chart. *Hort. Sci.* 27 (12): 1252 - 1260.