



Figura 12. Árbol de palto con problemas de aireación y mal drenaje.

2.3.2 Síntomas de deficiencia de macronutrientes

a) Nitrógeno

El nitrógeno (N) es un elemento constituyente de base, de la materia viva (aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos), pigmentos fotosintéticos, nucleótidos, ATP (Trifosfato de Adenosina), etc., que está estrechamente relacionado con el vigor de la planta. La deficiencia de N en palto produce una reducción en el crecimiento del árbol, lo que se traduce en un menor vigor y una disminución en la productividad. Las hojas de los huertos poseen un color amarillo a nivel de todo el perfil del árbol (Figuras 13 y 14), llegando incluso a presentar una defoliación. Además, produce brotes y ramas con internudos cortos y un desecamiento. Cabe señalar que el palto se caracteriza por su rápida respuesta a la aplicación de N, incrementando así el rendimiento y crecimiento de la parte aérea.



Figura 13. Árbol de palto con deficiencia severa de nitrógeno.

Sin embargo, se ha señalado que si se aplica en exceso, el elemento se puede almacenar en los leños de los árboles, preferentemente en los brotes y la madera y en menor grado en los frutos, generando una reducción de la productividad. Al respecto, Arpaia *et al.* (1996), indican que dicho exceso, puede originar una mala calidad de la fruta en post cosecha y una aceleración en su madurez.

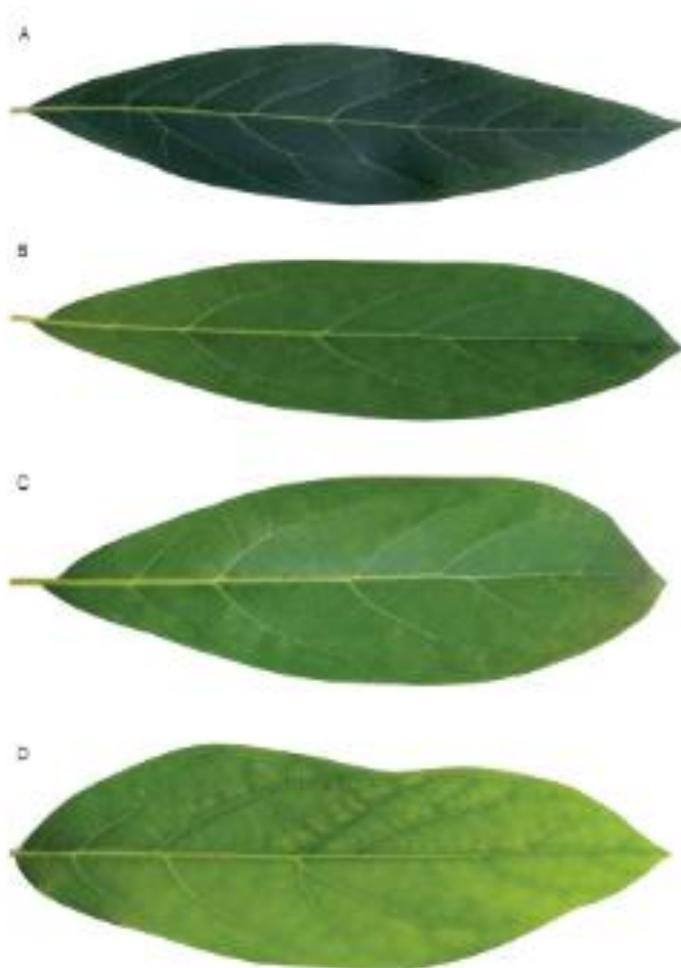


Figura 14. Deficiencia de nitrógeno en hoja de palto: (a) normal, (b) deficiencia leve, (c) deficiencia moderada y (d) deficiencia severa (ensayo en macetas).

b) Fósforo

El fósforo (P) es importante ya que juega un rol central en la transferencia de energía, entre otras funciones. La deficiencia de P produce hojas de color verde a marrón, pequeñas, redondeadas, defoliación y desecamiento de brotes, lo cual es perjudicial para el desarrollo del árbol. En las Figuras 15 y 16, se muestran los

síntomas de déficit de P en plantas jóvenes, creciendo bajo condiciones controladas de suministro de nutrientes.



Figura 15. Planta con deficiencia severa de fósforo, bajo condiciones controladas de suministro de nutrientes en invernadero.

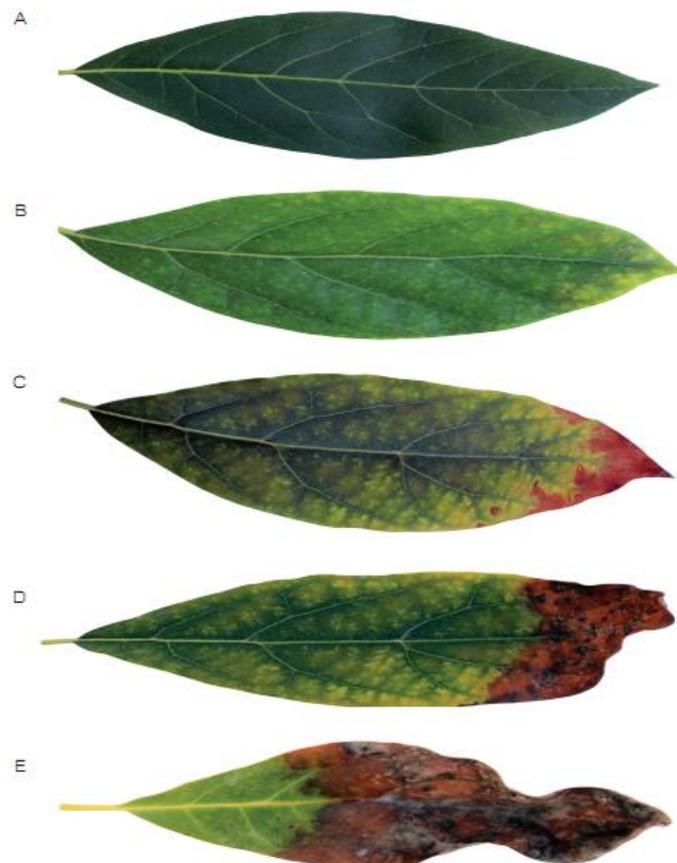


Figura 16. Deficiencia de fósforo (P) (a) normal, (b) deficiencia leve, (c) deficiencia moderada, (d) y (e) deficiencia severa (ensayo en macetas).

c) Potasio

El potasio (K) es el soluto inorgánico más importante en la planta (principal catión del xilema), que juega un rol esencial en la regulación hídrica (regulación estomática), transporte de azúcares y activación de al menos 60 enzimas. La falta de este elemento produce clorosis intervenal, hojas pequeñas y estrechas, brotes delgados y muertos, lo cual es perjudicial para la productividad del árbol. En la Figura 17, se observan los síntomas de déficit de K en plantas jóvenes creciendo bajo condiciones de suministro de nutrientes. En árboles adultos de palto, la deficiencia de K puede producir deformaciones características a nivel de la cáscara del fruto (Figura 18).

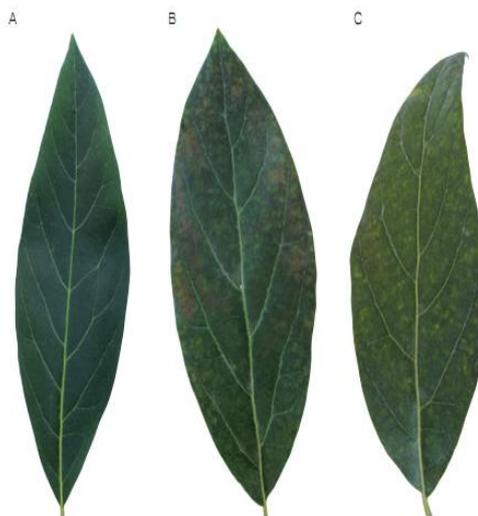


Figura 17. Deficiencia potasio (K), a) normal, (b) deficiencia leve, (c) deficiencia moderada (ensayo en macetas).



Figura 18. Deformación sobre la piel del fruto por deficiencia de potasio (K).

d) Calcio

El calcio (Ca) es un constituyente principal de la membrana celular de los tejidos de la planta y juega un rol esencial para asegurar su integridad, estabilidad y funcionamiento fisiológico de dicha estructura (permeabilidad). La

deficiencia de Ca en plantas, y específicamente en palto, afecta la respiración de la planta, la senescencia y la post cosecha de la fruta. La presencia adecuada de Ca en la fruta, ayuda a reducir desórdenes fisiológicos como el ablandamiento prematuro, la decoloración del mesocarpio y las pudriciones (Figura 19).



Figura 19. Quemadura en el ápice de la hoja y pardeamiento por deficiencia de Ca en el fruto.

e) Magnesio

La función más importante del magnesio (Mg) se traduce como un componente esencial en la estructura de la clorofila y por ende, juega un rol fundamental en la fotosíntesis. El déficit no es muy común en el país y la expresión en el follaje se presenta en las hojas basales y medias, mostrando clorosis intervenal. En casos más avanzados, aparece necrosis marginal e intervenal (Figuras 20 y 21), afectando negativamente el crecimiento y desarrollo del árbol.

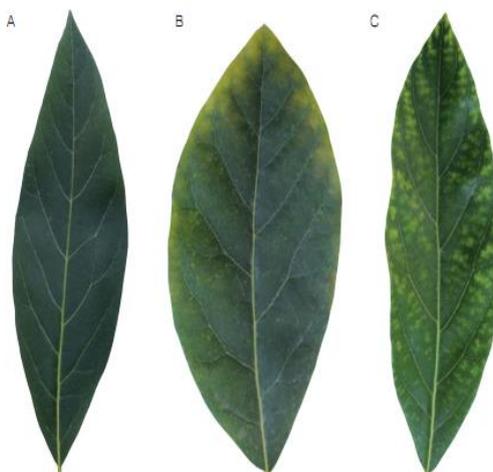


Figura 20. Deficiencia de magnesio (Mg) (a) normal, (b) deficiencia leve y, (c) deficiencia moderada (ensayo en macetas).



Figura 21. Deficiencia severa de magnesio (Mg).

2.3.3 Síntomas de deficiencia de micronutrientes

La disponibilidad de los micronutrientes en el suelo depende principalmente del pH. Algunos de los suelos en la Región de Valparaíso en Chile, donde se cultiva el palto, presentan pH alcalinos, lo que provoca una restricción en la disponibilidad de estos elementos.

Siendo los micronutrientes que presentan una menor disponibilidad en la zona de cultivo del palto en Chile, son hierro (Fe), zinc (Zn) y boro (B). Su baja disponibilidad en el suelo está asociada a la presencia de carbonatos y bicarbonatos.

a) Hierro

La deficiencia de hierro (Fe) produce una clorosis intervenal (hojas de color blanco a amarillo) manteniéndose la nervadura de color verde. El síntoma se manifiesta principalmente en las hojas más jóvenes, ya que su translocación es lenta a nula desde las hojas más viejas (Figura 22). En estados más avanzados se produce necrosis marginal de las hojas (Figura 23). Además, los brotes pueden presentar desecamiento y frutos de color verde pálido, lo cual afecta negativamente la productividad del huerto.

El déficit puede incluso causar la muerte de los árboles, puesto que se reducen fuertemente los carbohidratos a nivel radicular. Estudios realizados en Chile sobre

el efecto de la clorosis férrica en paltos en la Región de Valparaíso, han determinado que ésta se asocia a un suelo con pH elevado (cercano a 8), y/o a suelos de naturaleza calcárea, produciéndose una deficiencia de este elemento y una menor productividad. Cabe señalar, que dentro de los micronutrientes, la deficiencia de hierro es la que provoca efectos más perjudiciales desde el punto de vista productivo.



Figura 22. Árbol y hojas con deficiencia de hierro (Fe).

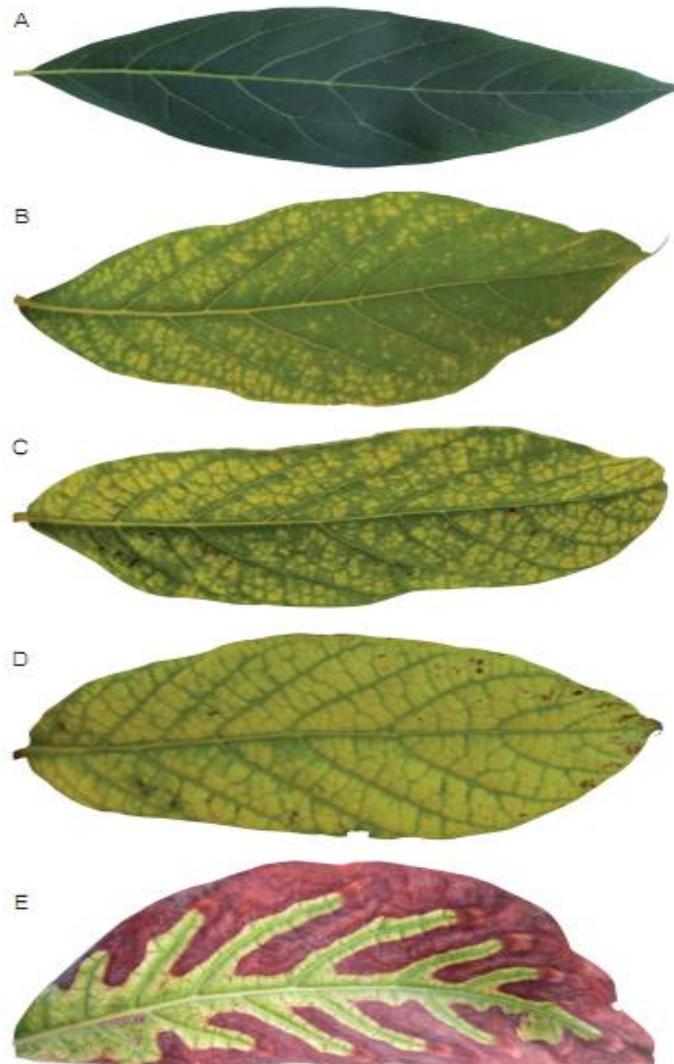
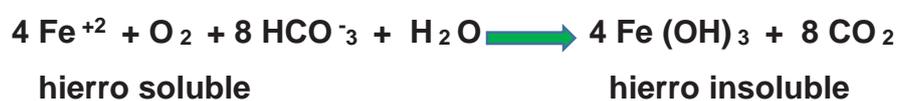


Figura 23. Deficiencia de hierro (Fe) (a) normal, (b) deficiencia leve, (c) deficiencia moderada, (d) deficiencia severa y e) deficiencia muy severa.

b) Clorosis férrica

El Carbonato de Calcio, en solución acuosa, puede originar la siguiente reacción que contribuye a fijar el hierro:



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

Bajo condiciones de altos volúmenes de agua, el aire de los poros del suelo es expulsado y la respiración de las raíces agota el oxígeno e incrementa la concentración de CO₂ tanto en el suelo como en las raíces, el resultado es un incremento de HCO₃ (bicarbonatos) que induce a la inmovilización del Fierro y provoca la clorosis. En suelos pobremente aireados, la clorosis férrica puede ser remediada reduciendo la cantidad de agua aplicada o aumentando los intervalos de riego. En estos suelos, es muy conveniente el uso de Ácido Sulfúrico en el agua de riego, como también el uso de riego por inundación o por aspersión, posiblemente porque estos últimos incrementan la aireación del suelo. Sin embargo, además de las recomendaciones dadas anteriormente, muchas veces es necesario para solucionar el problema, aplicar quelato Fe-EDDHA al suelo (15 g/árbol al primer año hasta 150g/árbol al sexto año).

c) Zinc

La deficiencia de zinc (Zn) es muy común en paltos y se presenta con una sintomatología típica que difiere si se trata de hojas nuevas (de la temporada) o más viejas (más de una temporada). En las primeras, se presentan hojas pequeñas cloróticas con moteado intervenal (Figura 24), reducción del tamaño de la hoja con necrosis marginal, brotes con entrenudos cortos y brotes con formación en roseta (Figura 25). En las hojas medias y viejas se presenta un moteado intervenal (Figura 26). Además, el efecto de déficit del Zn, afecta la productividad y aspectos de calidad como el calibre y deformaciones de la fruta, con frutos más redondos que lo normal (Figura 27) 2002; Ruiz, 2006), teniendo como consecuencia una pérdida del valor comercial. Es frecuente observar que el déficit de Zn se presenta en conjunto con la deficiencia de Fe (Figura 28).



Figura 24. Hojas con clorosis intervenal por deficiencia de zinc (Zn).



Figura 25. Entrenudos cortos y brotes en roseta por deficiencia de Zn.



Figura 26. Deficiencia combinada de hierro (Fe) y zinc (Zn).



Figura 27. Fruto pequeño y de forma redondeada por deficiencia de zinc (Zn).



Figura 28. Deficiencia combinada de hierro (Fe) y zinc (Zn).

d) Boro

El boro (B) es un micronutriente cuya dosis se debe manejar cuidadosamente ya que el margen entre deficiencia y toxicidad es muy estrecho. La deficiencia de B produce hojas verdes, verdes pálidas con tendencia a tonalidades amarillas, manchas verdes pálidas hasta halos amarillos. En brotes produce necrosis, muerte apical, hinchazón nodal, cuya consecuencia es la pérdida de la dominancia apical, impactando negativamente en la estructura física del árbol, tendiendo éste a ser más horizontal que vertical. La evidencia sintomatológica no es muy fácil de observar. Los síntomas se presentan con una deformación en el fruto en el punto de inserción del pedúnculo (Figura 18). Las deformaciones en frutos y las perforaciones en hojas se han observado en el país en huertos con niveles relativamente bajos en B. No obstante esto no ocurre en todo los casos. Los análisis de esos huertos indican valores generales, en torno a las 35 ppm. Cabe

señalar que en varios sitios muestreados en este trabajo, se apreciaron síntomas visuales de aparente carencia de boro en hojas y frutas sin relación con los estándares de referencia en B, publicados.

e) Salinidad e iones tóxicos específicos

El síntoma más común de la salinidad es la necrosis en la punta y márgenes de la hoja (Figura 30). Esta necrosis puede abarcar gran parte de la hoja afectando la fotosíntesis y transpiración, y por ende, la productividad. En casos más severos se presenta defoliación.



Figura 29. Deformación en la inserción del pedúnculo en fruto por deficiencia de boro (B).



Figura 30. Síntomas de salinidad en hojas de palto.

f) Cloruro

Los síntomas de la toxicidad específica de cloruros se presentan con mayor intensidad en las hojas viejas al ser el cloruro un ion relativamente poco móvil en el floema. Una buena herramienta de monitoreo para cloruros es efectuar análisis foliar. Concentraciones de cloruros sobre 0,25% se consideran inadecuadas para paltos (Figura 31).



Figura 31. Árbol de palto afectado por exceso de cloruro.

2.4 Análisis foliar

El conocer el contenido de nutrientes de las hojas es cada vez más imperioso, siempre que los laboratorios ofrezcan confianza, este es un punto clave, pero muy débil en el Perú.

En general, se siguen considerando válidos los valores de la tabla 1, que se basa en una investigación publicada en la Universidad de California, Los Ángeles, por George E. Goodall, en colaboración con Tiw Embleton y R. G. Pratt. Las hojas se tomarán de árboles bien regados y sin problemas de salinidad. Las hojas deben tener 5 a 7 meses y corresponder al ciclo de crecimiento primaveral y de brotes sin frutos. Se cortan desde mediados de febrero a mediados de abril, debiendo ser secadas rápidamente. Sin embargo, el Dr. A.W. Whiley, recomienda hacer uso de las hojas más nuevas, del brote de verano, recolectadas en otoño, cuando el árbol está dormido. La razón es que este análisis, refleja el estado nutricional de las hojas que son la fuente de nutrientes que

influirán en la fruta que va a producir el árbol, o sea, en la floración, en la cuajada y brotación vegetativa de la primavera posterior.

La época de muestreo es cuando el crecimiento del verano ha cesado, lo que según la zona ocurre entre Marzo y Mayo; sin embargo, si se observan síntomas de desórdenes nutricionales, es mejor hacer un muestreo cuando aparecen los primeros síntomas, ya que si las plantas se encuentran con estrés por periodos largos, se afectará el rendimiento, la calidad y pueden aparecer problemas secundarios como enfermedades.

La hoja que se colecta es la ubicada entre la 2° y 4° hoja, contando desde la punta del brote hacia atrás, ubicada en un brote sin fruto que haya crecido en la primavera (ver figura).



Figura 32. Anillo de yemas entre crecimiento del año anterior y el presente.

En cada unidad de muestreo se tomarán muestras en un mínimo de 20 árboles, sacando 2 a 4 hojas (con pecíolo) por árbol, de la periferia, a la altura del hombro, alternando las exposiciones norte-sur y este-oeste. No se debe mezclar hojas de árboles enfermos y sanos, de diferentes edades o estados fenológicos. La cantidad de hojas a muestrear son al menos 50, las que deben ser colocadas en una bolsa limpia de papel.

La bolsa con la muestra debe identificarse claramente, indicando el nombre del predio, cuartel, especie, variedad, edad, fecha de muestreo y una observación en caso de existir alguna anomalía. Es deseable informar el vigor, carga actual, rendimiento



anterior y fertilización empleada. Además debe adjuntar los siguientes antecedentes:

- Nombre del productor y del predio.
- Ubicación del predio: Dirección, localidad, comuna y región.
- Datos para la facturación: Ruc, razón social, dirección, comuna, giro, teléfono.
- Análisis solicitado y teléfono, celular y/o mail para contacto.

Las muestras deben ser enviadas al laboratorio lo antes posible, o bien almacenarlas en un lugar fresco o en la parte baja del refrigerador, por un periodo no superior a tres días.

Interpretación del análisis foliar

El software de fertilización SMART! le da acceso a una base de conocimiento extensiva de los niveles requeridos de nutrientes en cientos de cultivos.

Tabla 1.

Estándares para análisis foliar en palto Hass.

Nutriente	Deficiente	Adecuado	Exceso
Nitrógeno (%)	<2,0	2,0-2,4	>2,7
Fósforo (%)	<0,14	0,14-0,25	>0,30
Potasio (%)	<0,90	0,90-2,0	>3,0
Calcio (%)	<0,50	1,0-3,0	>3,0
Magnesio (%)	<0,15	0,25-0,80	>1,0
Azufre (%)	<0,05	0,20-0,60	>1,0
Manganeso (mg kg ⁻¹)	<15	30-500	>750
Hierro (mg kg ⁻¹)	<40	50-200	-
Zinc (mg kg ⁻¹)	<20	40-80	>100
Boro (mg kg ⁻¹)	<20	40-60	>100
Cobre (mg kg ⁻¹)	<3	5-15	>25
Cloro (%)	-	-	0,25-0,50
Sodio (%)	-	-	0,25-0,50

1) Estándar en base a hojas de 5-7 meses del flujo primaveral sin crecimiento nuevo y sin fruta.

Fuente: Lahav y Whiley (2002), Jones y Embleton (1978); Embleton y Jones (1966) y Ruiz y Ferreyra (2011).

Tabla 2.

Relación de métodos para el análisis foliar.

Elemento	Método	Expresión resultado
Nitrógeno (N)	Kjeldhal	%
Fósforo (P)	Colorimetría	%
Potasio (K)	Absorción atómica	%
Calcio (Ca)	Absorción atómica	%
Magnesio (Mg)	Absorción atómica	%
Sodio (Na)	Potenciometría	%
Cloro (Cl)	Colorimetría	ppm
Azufre (S)	Colorimetría	ppm
Boro (B)	Colorimetría	ppm
Molibdeno (Mo)	Colorimetría	ppm
Hierro (Fe)	Colorimetría	ppm
Manganeso (Mn)	Colorimetría	ppm
Cobre (Cu)	Colorimetría	ppm
Zinc (Zn)	Colorimetría	ppm

Referencias bibliográficas

- Ankerman, D. y Large, R. (s.f.) *"Soil and Plant Analysis"*. A&L Agricultural Laboratories. Memphis. Tennessee. EUA.
- Daga, W. (2012). Manejo tecnificado del cultivo de palto. INIA. 80p.
- Domínguez, A. (1978). *"Abonos Minerales"*. Publicaciones de extensión agraria. 5ta edición. Madrid, España.
- Donahue, R., Miller, R. y Shickluna, J. (1981). *"Introducción a los suelos y al crecimiento de la planta"*. Ed. Prentice-Hall. Internacional. Colombia.
- Ferreyra, R., Selles, G., Ruiz, R., Gil, P. y Barrera, C. (2008). *Manejo de la clorosis férrica en palto*. La Cruz, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 181: 60 p.
- Gardiazabal, F. (2004). *Riego y nutrición del palto*. 2° Seminario internacional de paltos. 29 Septiembre - 1 Octubre, 2004. Sociedad Gardiazabal y Magdahl Ltda. Quillota, Chile. 12 Diciembre de 2013. Disponible en www.avocadosource.com
- Hauser, G. (1980). *"Interpretación de los análisis al formular recomendaciones sobre fertilizantes"*. Ediciones de la FAO. Roma.
- Ibañez, R. (1982). *"Fertilización de la papa"*. Curso sobre Producción de alimentos básicos y recursos nativos. INIPA-CIPA XIII. Ayacucho.



PERÚ

Ministerio
de Agricultura y Riego



- Tineo, A. (1999). *Manual de interpretación agronómica de análisis de suelos y recomendación de fertilizantes*. FCA-UNSCH-Ayacucho.33 p
- Tineo, J. (2015). *“Fertilidad de Suelos”*. UJCM. Ayacucho-Peru.80 p.
- Tineo, J. (2017). *“Fertilización y riego en palto”*. INIA-Ayacucho-Peru.20 p.