
DIAGNOSTICO VISUAL DE TRASTORNOS NUTRIMENTALES

Samuel Salazar-García¹

Técnica del diagnóstico visual

El diagnóstico visual es una ayuda excelente para establecer un juicio preliminar sobre un posible problema nutrimental. Hay diversos factores que tienen que ser considerados para hacer un diagnóstico preciso. A continuación se describen brevemente algunos aspectos que pueden ser de utilidad para lograr un diagnóstico visual acertado.

Ventajas de la técnica del diagnóstico visual: Es rápida, a pesar de sus limitaciones. Además, es simple, económica, no requiere de equipo y siempre está disponible.

Bases del diagnóstico visual: Según el resumen hecho por el Dr. Jorge D. Etchevers-Barra, del Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas (México), los principios de la técnica del diagnóstico visual son:

- Cada nutrimento tiene una función específica en el metabolismo de la planta. Su deficiencia puede resultar en:
 - Alteración inicial a nivel microscópico.
 - Alteración macroscópica (visual), si la condición anormal continúa.
- Los síntomas presentan un patrón característico, generalmente simétrico, que está asociado con la función y movilidad del nutrimento en la planta.
- Los órganos o partes de la planta que resultan afectados son característicos para la mayoría de los nutrimentos.
- Los síntomas de cada nutrimento presentan una secuencia determinada.

Usos y limitaciones: Dentro de los principales usos del diagnóstico visual están los siguientes:

- Obtención de diagnósticos preliminares :
 - Cuando no hay laboratorios cercanos.
 - Para definir programas de investigación.
 - Para delimitar zonas con problemas nutrimentales.
- Monitoreo de las prácticas de fertilización.

¹ Tomado de: Salazar-García, S. 2002. Nutrición del aguacate, principios y aplicaciones. INPOFOS, INFAP. Querétaro, México.

-
- Evaluación de daños causados por factores no nutricionales.
 - Definición del origen de un problema nutricional.

Las limitaciones más importantes son:

- Escaso valor de predicción. Cuando los síntomas aparecen es probable que ya hayan ocurrido alteraciones en el rendimiento, tamaño o calidad del fruto.
- Especificidad limitada. Cuando suceden deficiencias simultáneas de nutrimentos es difícil separar los síntomas de cada uno. Distintos nutrimentos pueden presentar síntomas similares.
- Oportunidad limitada. La observación de síntomas debe efectuarse en la época apropiada de desarrollo del órgano.

Una forma de superar las limitaciones del diagnóstico visual y de hacerlo más eficiente es hacer visitas frecuentes a los huertos y evitar las causas de error.

Síntomas Visuales de Trastornos Nutrimentales

Nitrógeno (N)

Deficiencia.- Brotes vegetativos cortos y delgados, follaje escaso. Los síntomas suelen aparecer primero en hojas de mayor edad en la parte inferior del flujo de crecimiento. Cuando la deficiencia es aguda, las hojas son pequeñas de color verde pálido. En deficiencia temporal las hojas maduras son color verde pálido y las jóvenes parecen normales (**Figura 1A**). Defoliación temprana, poco antes o durante la floración (**Figura 1B**). Floración abundante, inflorescencias cortas, gruesas y con poco amarre de fruto. Frutos pequeños con epidermis de color verde pálido. El follaje escaso ocasiona la exposición excesiva de fruto a los rayos solares, esto produce frutos con quemaduras y de bajo valor comercial (**Figura 2**).

Exceso.- Elongación de brotes vegetativos superior a la normal. Hojas más grandes de lo normal y de color verde oscuro. Floración tardía, escasa y acompañada por un flujo vegetativo vigoroso. Abundante caída de fruto en precosecha (Junio en México) (**Figura 3**), fruto con poca firmeza que madura más pronto.

Características del suelo y clima asociadas a la deficiencia.- Suelos arenosos con poca materia orgánica, drenaje deficiente, lluvia excesiva, lixiviación de fertilizante nitrogenado.

Prácticas de manejo que favorecen la deficiencia.- Falta de fertilización, cultivo intercalado de maíz (**Figura 4A**) u otras gramíneas no fertilizadas, suelo cubierto con pasto (**Figura 38B**). Adición de materia orgánica con alta relación C/N, como el bagazo de caña, la cascarilla de café o viruta de madera. Aplicación superficial del fertilizante sin incorporar, fuera del alcance de las raíces. Sobre encalado y la mezcla del fertilizante nitrogenado con la cal.

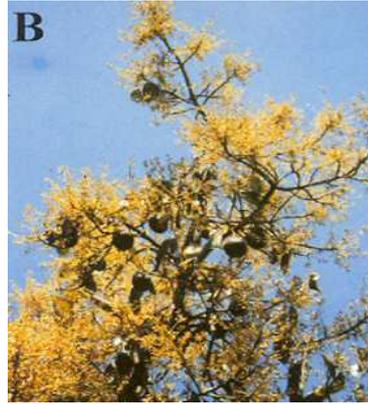


Figura 1. (A) Síntomas de deficiencia de nitrógeno (hoja izquierda.) en hojas maduras de aguacate 'Fuerte'. Fotografía del Dr. T.W. Embleton. (B) Aguacate 'Hass' con defoliación prematura debido contenido de nitrógeno menor que lo normal. Fotografía del autor.



Figura 2. El 'golpe de sol' en el fruto es un problema en huertos con deficiencias de nitrógeno. El follaje escaso o la caída prematura de hojas ocurre cuando hay niveles foliares debajo de lo normal de N, K o Zn. Fotografías del autor.



Figura 3. La caída de fruto cuando éste ha alcanzado 2/3 o más del tamaño esperado ("caída de Junio"), puede acentuarse por la aplicación única o excesiva de fertilizantes nitrogenados. El exceso de nitrógeno estimula un flujo vegetativo vigoroso que aumenta este problema. Fotografía del autor.



Figura 4. (A) Además de problemas fitosanitarios, el cultivo de maíz entre las líneas de árboles puede originar deficiencia de nitrógeno. (B) El pasto puede ser una buena alternativa para proteger el suelo y facilita el paso de maquinaria en áreas de alta precipitación o huertos en pendientes pronunciada Sin embargo, se deberá de agregar nitrógeno adicional para evitar la competencia por este nutrimento. Fotografías del autor.

Fósforo (P)

Deficiencia.- Los síntomas son poco comunes en condiciones de campo. Cuando la deficiencia es incipiente los síntomas no se distinguen fácilmente. En deficiencias agudas el follaje es escaso y localizado en el ápice del brote. Los brotes vegetativos son cortos y delgados y suele ocurrir defoliación temprana. Las hojas de mayor edad son coriáceas y pueden adquirir un tono bronceado. Se observan manchas necróticas sin patrón determinado en la lámina de la hoja (**Figura 5**). Por la parte inferior de la hoja las nervaduras pueden tornarse moradas, incluyendo al pecíolo de la hoja.

Exceso.- No hay descripción de síntomas de exceso de P en aguacate. Sin embargo, su exceso en la planta puede manifestarse como deficiencias de otros micronutrientes como manganeso (Mn) o zinc (Zn).

Características del suelo y clima asociadas a la deficiencia.- Suelos muy intemperizados, problemas de precipitación o adsorción del P debido a condiciones extremas de pH, frecuente en suelos con pH 3.6 a 4.9. Suelos con alto contenido de hierro (Fe) y aluminio (Al). Suelos resacos. Suelos calcáreos y de pH mayor a 7.8 pueden presentar deficiencia por bloqueos con Ca y a la formación de fosfato tricálcico insoluble. Suelos volcánicos jóvenes con alto contenido de alófana y otros minerales que fijan el P. Las condiciones de clima frío pueden favorecer la deficiencia temporal de P.

Prácticas de manejo que favorecen la deficiencia.- Falta de fertilización, rápida inmovilización del fertilizante fosfatado aplicado al voleo y sin incorporar en el suelo, falta de humedad en el suelo, poda excesiva de raíces con la maquinaria. Excesos de aplicación de fertilizante con Zn. Prácticas de manejo que favorecen la acidificación del suelo. Deficiente conservación del suelo, exposición de capas profundas del suelo durante la construcción de terrazas, curvas de nivel, cajetes, cepas, etc. Mal manejo del encalado (no se debe mezclar los fertilizantes fosfatados con cal agrícola).



Figura 5. Bronceado y necrosis en hojas maduras de aguacate con deficiencia aguda de fósforo. Fotografías cortesía del Dr. T.W. Embleton

Potasio (K)

Deficiencia.- Poco crecimiento, brotes delgados y cortos, muerte regresiva de brotes al final de los meses secos (**Figura 6A**). Las hojas adultas presentan los primeros síntomas en forma de clorosis intervenal e irregular de los márgenes y el ápice (**Figura 6B**). La clorosis cambia de amarillo claro a bronceado, luego a café y finalmente las lesiones corchosas (necrosis) aparecen sobre toda la hoja (**figura 7**). Las hojas jóvenes son pequeñas, color verde claro y pueden mostrar clorosis en los márgenes. Defoliación prematura de las hojas basales de los brotes. Caída de frutillos en desarrollo, los frutos maduros suelen ser pequeños y pueden sufrir por quemadura de sol. Incremento en la susceptibilidad a desórdenes fisiológicos (**Figura 8**) o al ataque de enfermedades del fruto (**Figura 9**)

Exceso.- No se han reportado síntomas específicos del exceso de K. Sin embargo, como la relación entre el calcio (Ca), magnesio (Mg) y K es importante, las condiciones de exceso de potasio pueden causar deficiencias de Ca o Mg.

Características del suelo y clima asociadas a la deficiencia.- Suelos arenosos ácidos o calcáreos; zonas de lluvia abundante con lixiviación y erosión excesivas; suelos con drenaje deficiente o con niveles elevados de Ca o Mg.

Prácticas de manejo que favorecen la deficiencia.- Falta de fertilización, encalado excesivo, fertilización excesiva con Ca y Mg, falta de humedad en el suelo. En suelos de textura pesada el K debe ser aplicado en forma localizada cerca de las raíces activas. Una mala aplicación es generalmente la causa más común de deficiencia de este nutrimento.

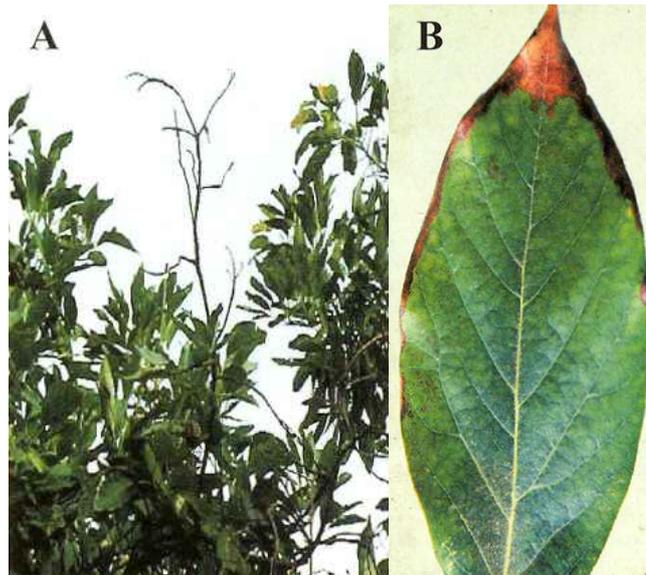


Figura 6. (A) Muerte de ramas superiores en árboles de aguacate 'Hass' con niveles menores a lo normal de potasio. (B) Síntomas iniciales de deficiencias de potasio en hojas maduras de aguacate 'Fuerte'. Fotografías el autor.



Figura 7. Síntomas de deficiencia de potasio en hojas y frutos de aguacate. Note las necrosis en los bordes de las hojas. Fotografías cortesía de Dr. T.W. Embleton.

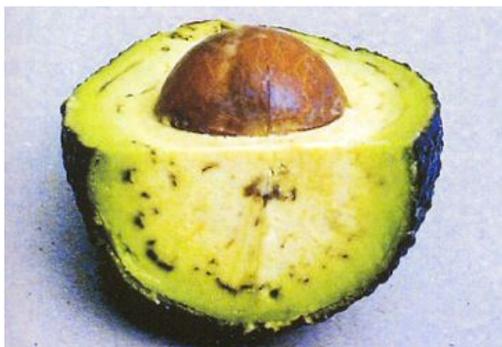


Figura 8. El ennegrecimiento de los haces vasculares del fruto de aguacates 'Hass' se asocia con niveles menores a lo normal de potasio en las hojas. Fotografías del autor.



*Figura 9. La pudrición apical del fruto puede ser causada por los hongos *Phytophthora citricota* (el mismo hongo que causa el cancro del tronco o la pudrición del cuello de la raíz) o *Phytophthora beimerii* y ha sido asociada a niveles debajo de lo normal en hojas de potasio, zinc y boro. Esta enfermedad puede presentarse durante condiciones de lluvia prolongada y puede infectar todos los frutos cuando todavía están en el árbol. Fotografía del autor.*

Calcio (Ca)

Deficiencia.- Las hojas jóvenes se desarrollan deformes y con los márgenes irregulares, ondulados y curvados hacia abajo (en forma de gancho) (**Figura 10**). Las hojas pueden mostrar manchas o áreas necróticas. Muerte de las puntas de los brotes jóvenes.

Exceso.- No existen reportes de síntomas visuales de exceso de Ca.

Características del suelo y clima asociadas a la deficiencia.- Suelos ácidos; zonas de lluvia abundante con suelos arenosos y lixiviación excesiva; alta temperatura y elevada humedad relativa.

Prácticas de manejo que favorecen la deficiencia.- Aplicación continua o excesiva de Mg y K; aplicación de acidificantes del suelo.



Figura 10. Las hoja de los extremos muestran síntomas foliares de deficiencia de Ca en aguacate 'Hass' cultivado en suelos ácidos (pH 4.5) altamente lixiviados. En estas condiciones es frecuente que ocurra simultáneamente una deficiencia de boro. Esto ocasiona que los síntomas visuales de deficiencias de ambos nutrientes sean difíciles de separar. Fotografía del autor.

Magnesio (Mg)

Deficiencia.- El crecimiento de los brotes puede variar de normal a nulo. Las hojas maduras son las primeras en manifestar síntomas, usualmente al final del otoño. La clorosis se presenta entre las nervaduras de la hoja, ya sea cerca de la nervadura central o de los márgenes (**Figura 11**), pero las nervaduras permanecen verdes. En deficiencia aguda puede observarse necrosis intervenal o en los márgenes de la hoja. En caso extremo la defoliación puede iniciarse en la base de los brotes terminales. La defoliación total del árbol podría ocurrir hacia la mitad del otoño y los frutos podrían no madurar.

Exceso.- Los síntomas no han sido documentados para aguacate.

Características del suelo y clima asociadas a la deficiencia.- Suelos bajos en materia orgánica, arenosos y ácidos, épocas de lluvia abundante. Suelos calcáreos o con altas cantidades de K bloquean al Mg y provocan una deficiente asimilación de este nutriente. Suelos con pH menor a 4.5 son muy susceptibles a causar deficiencias de Mg.

Prácticas de manejo que favorecen la deficiencia.- Fertilización excesiva con K o fertilizantes de reacción ácida, como sulfato de potasio o sulfato de amonio. La aplicación de cantidades excesivas de cal calcítica (CaO_3) o el manejo indebido de fertilizantes con Ca, como el nitrato de Ca (CaNO_3), o aplicaciones muy altas de yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) en suelos donde el sodio (Na) no sea problema pueden ocasionar bloqueos de las fuentes de Mg y ocasionar su deficiencia.



Figura 11. Síntomas de deficiencia de magnesio en hojas de aguacate Hass cultivado sin riego en un suelo altamente lixiviado y ácido (pH 4.7). Fotografía del autor.

Azufre (S)

Deficiencia.- Los síntomas son muy parecidos a la deficiencia de N (**Figura 12**). Inicialmente se observan en hojas jóvenes que son pequeñas y cloróticas. La clorosis puede afectar parte o el total de la lámina de la hoja. En deficiencia aguda o prolongada puede ocurrir clorosis generalizada del árbol.

Exceso.- No hay síntomas reportados para aguacate.

Características del suelo y clima asociadas a la deficiencia.- Suelos erosionados o recientemente nivelados (**Figura 13**); suelos arenosos bajos en materia orgánica y en áreas o años de lluvia moderada a abundante.

Prácticas de manejo que favorecen la deficiencia.- Uso de fertilizantes que no contienen S. Lavado del suelo o riegos muy pesados en suelos arenosos pueden ocasionar pérdida de sulfato (SO_4^-) del perfil del suelo. Aplicaciones excesivas de nitratos (NO_3^-) pueden afectar la disponibilidad de S. El mal manejo de la materia orgánica, la compactación, o la falta de aireación en el suelo afectan la absorción de S por la planta. Retener el suelo en su sitio y promover la mineralización de la materia orgánica alrededor del árbol es una práctica de manejo muy recomendable para incrementar la disponibilidad de S.



Figura 12. Deficiencias de azufre en árboles jóvenes de aguacate 'Hass' en suelo ácido (pH 5.0), textura franco arenosa, lixiviado y pobre en materia orgánica (<1%). Nótese la clorosis en las hojas más jóvenes. Fotografía del autor.

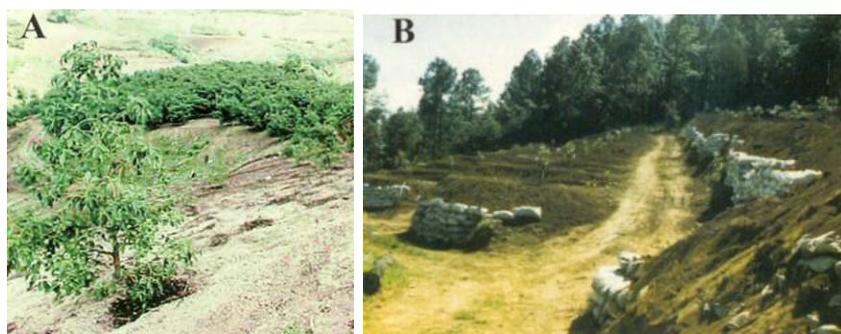


Figura 13. (A) Las deficiencias de azufre y boro son frecuentes en suelos erosionados y lixiviados. (B) Estas deficiencias también suelen presentarse en huertos cuya capa superior ha sido alterada durante la nivelación o construcción de terrazas. Fotografía del autor.

Cloruros (Cl⁻)

Deficiencia.- Es poco común debido a la abundancia de este nutrimento en la mayoría de las aguas usadas para riego, así como su presencia como impureza en muchos agroquímicos. Debido a la poca probabilidad de que esta deficiencia ocurra no existe mucha información sobre los síntomas típicos en aguacate, aunque el marchitamiento de plantas jóvenes se lo ha asociado a la deficiencia de cloro en estudios realizados en invernadero.

Exceso.- El aguacate es muy sensible al exceso de Cl⁻ ya que los acumula en el follaje más rápidamente que otras especies frutales. En ocasiones, los síntomas pueden confundirse con otros trastornos nutrimentales (por ejemplo deficiencia de potasio). El exceso de Cl⁻ se manifiesta como quemaduras en el ápice y márgenes de las hojas más viejas y en algunas ocasiones aparece un moteado amarillento junto a la quemadura (**Figura 14**). Caída prematura de hojas.

Características del suelo y clima asociadas a la toxicidad.- Suelos de textura fina o arcillosa, nivel freático elevado en zonas o épocas de alta evaporación. Climas semiáridos o tropicales secos. Suelos con mal drenaje o muy compactados.

Prácticas de manejo que favorecen la toxicidad.- Riego con agua de contenido elevado de Cl⁻, riego deficiente. Aplicación excesiva de fertilizantes o abonos orgánicos, especialmente los que tienen contenido elevado de Cl⁻, como cloruro de potasio o gallinaza. Fertilización en época de sequía o durante el manejo deficiente del agua. Drenaje deficiente o compactación del suelo del huerto por el paso de maquinaria.

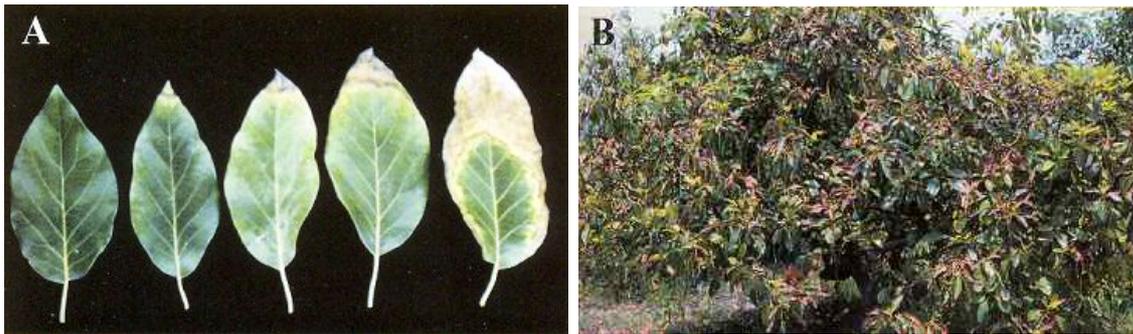


Figura 14. (A) *Síntomas de exceso de cloruros en hojas de aguacate. La hoja de la izquierda es normal y el resto muestra un incremento gradual del daño. Nótese el moteado amarillento junto a las quemaduras .* (B) *Síntomas de exceso de cloruros en aguacate ‘Fuerte’. El exceso de cloruros puede causar la muerte de las hojas y la defoliación prematura del árbol. Fotografías cortesía del Dr. T.W. Embleton (A) y del autor (B).*

Sodio (Na)

Deficiencia.- No ha sido documentada ya que este nutrimento no es importante en aguacate.

Exceso.- Necrosis intervenal (**Figura 15**) que pueden estar acompañada de muerte de tejidos en diferentes partes de la planta. Muerte de ramillas (**Figura 16**) y defoliación.

Características del suelo y clima asociadas a la toxicidad.- Suelos arcillosos con drenaje deficiente regados con agua de salinidad media o alta. Nivel freático elevado que deja sales en la parte superior del suelo, después de que el agua superficial se ha evaporado. Climas semiáridos.

Prácticas de manejo que favorecen la toxicidad.- Drenaje deficiente. Prácticas inadecuadas de riego y sobre riego para favorecer el lavado de las sales del suelo. Exceso de Na aplicado junto con abonos orgánicos, como algunos tipos de gallinaza.



Figura 15. *Síntomas de toxicidad por exceso de sodio en hojas de aguacate. Fotografías cortesía del Dr T.W. Embleton.*



Figura 16. Además de la detención del crecimiento, el sodio puede acumularse hasta alcanzar niveles tóxicos que pueden causar la muerte de ramas y botes apicales. Nótese la exudación de sales en la fotografía de la izquierda. Estos síntomas son más comunes en palmas jóvenes. Fotografías del autor.

Hierro (Fe)

Deficiencia.- Clorosis intervenal de las hojas (**Figura 17B**), inicialmente la clorosis ocurre en hojas jóvenes y puede cubrir el follaje de arbolitos recién plantados (**Figura 17A**). Si la deficiencia ligera la clorosis puede ser imperceptible. En deficiencia severa o prolongada, la hoja es pequeña y completamente clorótica. En casos severos, los árboles adultos presentan clorosis aguda (**Figura 17C**), defoliación y puede producirse la muerte generalizada de brotes. La calidad del fruto puede disminuir debido a su epidermis amarillenta o a las quemaduras por el sol.

Exceso.- No han sido determinados los síntomas.

Características del suelo y clima asociadas a la deficiencia.- Suelos con pH elevado (alcalinos). Deficiencia temporal de oxígeno en la zona de raíces debido a mal drenaje o humedad excesiva. Meses con temperaturas ambientales extremas (altas o bajas) (**Figura 18**). Suelos calcáreos, arenosos, con alto contenido de carbonato de Ca libre.

Prácticas de manejo que favorecen la deficiencia.- Falta de fertilización, encalado excesivo, uso de fertilizantes de reacción alcalina, fertilización excesiva con P, Zn, cobre (Cu) o Mn. Compactación del suelo por paso excesivo de maquinaria. Mala nivelación que ocasione acumulación de agua, charcos o mal manejo de suelos pesados. Transplante de árboles en suelo compactado o anegado.



Figura 17. (A) Síntomas de deficiencia de hierro (clorosis férrica) en árboles jóvenes de aguacate. (B) Grados de clorosis férrica en hojas de aguacate. (C) Clorosis férrica en árboles adultos de aguacate. Fotografías del autor (A) y cortesía del Dr. W.T. Embleton (B y C).



Figura 18. Deficiencias temporales de hierro y zinc en aguacate 'Hass' causadas por bajas temperaturas durante el otoño-invierno. Fotografías del autor.

Cobre (Cu)

Deficiencia.- Las hojas terminales y jóvenes son las más afectadas y suelen ser de menor tamaño que las normales (**Figura 19A**). Acortamiento de internudos y muerte de ápices de crecimiento. El brote y las hojas jóvenes lucen marchitos. Las hojas nuevas pueden ser deformes. Las hojas adultas son de menor tamaño que las normales, de color oscuro y nervaduras color bronceado (**Figura 19B**). Enrollamiento e inclinación de pecíolos de las hojas.

Exceso.- No han sido reportados síntomas específicos de excesos de Cu en aguacate.

Características del suelo y clima asociadas a la deficiencia.- Suelos deficientes en Cu. Suelos calcáreos o ácidos, arenosos lixiviados y orgánicos. Suelos con alto contenido de materia orgánica (> 13%).

Prácticas de manejo que favorecen la deficiencia.- Aplicación excesiva de cal o N. Aplicaciones excesivas de materia orgánica (estiércoles o gallinaza) sin mineralizar (fresca).

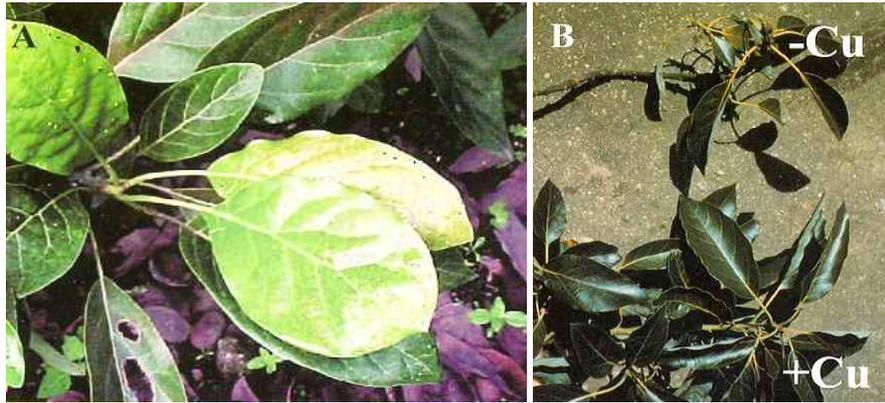


Figura 19. Síntomas de deficiencia de cobre en aguacate. (A) Brotes jóvenes. (B) Brotes maduros. Fotografías del autor (A) y cortesía del Dr. T.W. Embleton (B).

Manganeso (Mn)

Deficiencia. En su etapa inicial, la clorosis que aparece en la lámina de la hoja debido a la deficiencia de Mn puede ser similar a la de Fe. Se distingue de la deficiencia de Mg porque la de Mn aparece en hojas jóvenes. Puede iniciarse como clorosis intervenal en los márgenes de hojas jóvenes y avanzar hacia la nervadura central o viceversa (**Figura 20A**). Las venas pequeñas no son visibles en las áreas cloróticas. La clorosis podría ser generalizada en el árbol y las hojas jóvenes podrían permanecer verdes.

Exceso.- Favorecido por suelos ácidos ($\text{pH} < 4.9$) con altas concentraciones de Al y Mn soluble u otros metales tóxicos. La aplicación de fertilizantes amoniacales puede solubilizar al Mn que es desplazado de los sitios de intercambio catiónico. Los síntomas de exceso aparecen como ennegrecimiento de la superficie de la hoja junto a la nervadura central (**Figura 20B y C**). En ocasiones, sólo suele ocurrir en parte de la hoja. El síntoma puede confundirse con senescencia normal, en la cual los tejidos se tornan de color café oscuro.

Características del suelo y clima asociadas a la deficiencia.- Suelos arenosos, calcáreos, pH alcalino o muy ácido. Alto contenido de materia orgánica, drenaje deficiente. Días nublados y fríos del invierno.

Prácticas de manejo que favorecen la deficiencia.- Aplicación excesiva de estiércol u otras fuentes de materia orgánica (**Figura 21**), uso de fertilizantes de reacción alcalina. Sobre encalado o siembra en suelos con alto contenido de Ca y Mg. Aplicaciones excesivas de P en suelos con bajo contenido de Mn o muy alcalinos.

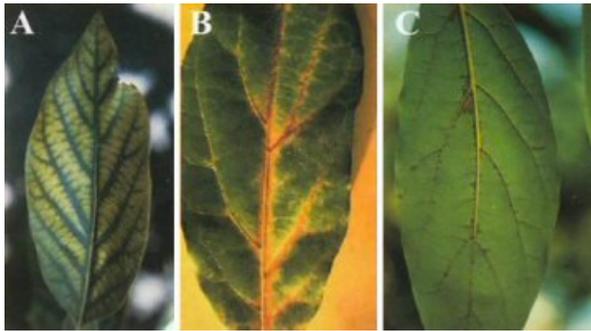


Figura 20. (A) Síntomas de deficiencia de manganeso en aguacate. (B y C) Síntomas de exceso de manganeso, caracterizado por el bronceado de nervaduras y pérdida de color de las hojas. Fotografía del autor (A) y cortesía del Dr. W.T. Embleton (B y C).

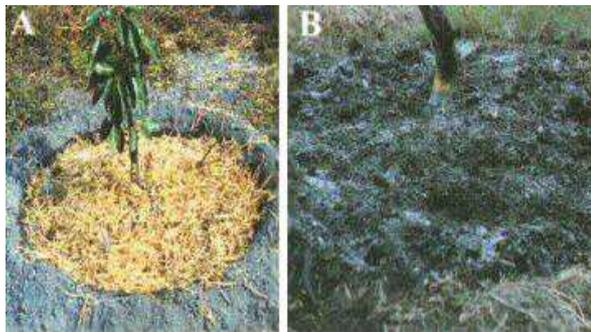


Figura 21. El uso excesivo o continuo de materia orgánica, ya sea cubiertas vegetales (A) o estiércoles (B) puede originar desbalances nutrimentales. Es conveniente hacer análisis foliares, poniendo atención en los niveles de nitrógeno, manganeso, zinc y fósforo. Fotografías del autor.

Zinc (Zn)

Deficiencia.- Comúnmente se conoce como moteado de la hoja y ocurre en la mayoría de las zonas productoras de aguacate. A pesar de requerirse en muy pequeñas cantidades, la deficiencia de este nutrimento puede causar el decaimiento o inclusive la muerte de los árboles. Debido a la reducida movilidad de los compuestos orgánicos de Zn de los distintos órganos del árbol hacia los sitios de crecimiento y demanda, los



Figura 22. “ Moteado de la hoja” y “hoja pequeña”, síntomas característicos de la deficiencia de zinc en aguacate. Fotografías del autor.

brotos terminales y hojas jóvenes se afectan primero. Las áreas entre las nervaduras de las hojas presentan color verde claro a amarillo pálido (**Figura 22**). Conforme progresa la deficiencia, las áreas amarillas se hacen más grandes y las hojas nuevas son más pequeñas y angostas. En estados avanzados, puede presentarse necrosis de los márgenes de las hojas y ocurre el acortamiento de internudos en los crecimientos terminales, dando una apariencia de un plumero (rosetas) (**Figura 23**). Los brotes pueden presentar defoliación y muerte regresiva. El rendimiento puede reducirse drásticamente y los frutos pueden presentar forma más ovalada o redondeada que la normal para el cultivar (**Figura 24**).

Exceso.- No se encontró literatura disponible para aguacate.

Características del suelo y clima asociadas a la deficiencia.- Suelos arcillosos o arenosos pobres en materia orgánica, pH alcalino o muy ácido. Temperaturas bajas durante el invierno.

Prácticas de manejo que favorecen la deficiencia.- Falta de fertilización. Aplicación excesiva de estiércol, fertilización excesiva con P, encalado. El mal manejo de suelo neutros o con pH arriba de 7 puede ocasionar deficiencia de Zn.



Figura 23. Síntomas de deficiencia aguda de zinc en un portainjerto clonal Dike 6 en un suelo alcalino (pH 8,5) de Atilixco, Puebla. Fotografía del autor.



Figura 24. Fruto redondo y pequeño de aguacate 'Hass' producido por un árbol con deficiencia de zinc. Fotografía del autor.

Boro (B)

Deficiencia.- Regiones corrugadas (sobresalientes) y corchosas entre las nervaduras de las hojas jóvenes. La nervadura central se abre en la parte inferior de las hojas jóvenes. Desarrollo distorsionado de la lámina de la hoja (**Figura 25**) debido a la detención del crecimiento de las células jóvenes de los márgenes de la hoja, seguido de necrosis localizadas. Perforaciones (tiro de munición) en hojas jóvenes (**Figura 26**). Crecimiento curvado de pecíolos y brotes. Los brotes apicales pueden mostrar pérdida de la dominancia apical, que a menudo resulta en la producción de muchos brotes pequeños, decoloración, defoliación. Engrosamiento de los tallos de los brotes (síntoma crónico). La corteza del tronco luce anormalmente rugosa y agrietada. Incremento en la susceptibilidad a enfermedades del tronco. La deficiencia aguda y prolongada de B en aguacate Hass ha sido asociada con la incidencia del chancro bacteriano. Esta enfermedad puede ser causada por las bacterias *Xanthomonas campestris* o *Pseudomonas syringae* y comúnmente ataca los trocos y ramas. En su etapa inicial, la enfermedad disminuye el rendimiento de fruto y si las condiciones persisten puede causar la muerte de ramas o del árbol (**Figura 27**). Frutos malformados (**Figura 28**), la pulpa podría presentar partes cafés y endurecidas.

Exceso.- Abultamiento de nervaduras en la parte inferior de las hojas. Necrosis apicales y marginales (**Figura 29**).

Características del suelo y clima asociadas a la deficiencia.- Suelos deficientes en B. Suelos arenosos fácilmente lixiviados, con bajo contenido de materia orgánica. Suelos con pH elevado (alcalinos). Periodos secos con alta luminosidad.

Prácticas de manejo que favorecen la deficiencia.- Encalado. Falta de humedad. Riego con aguas de alto contenido en carbonatos y bicarbonatos. Fertilización elevada con potasio. Fertilizaciones excesivas con nitrato de Ca pueden limitar la absorción de B por las raíces. Fertilizaciones altas con N debilitan las paredes y membranas celulares y pueden alterar los balances de Ca/B en las células de la planta, lo que favorece la presencia de ciertas enfermedades.

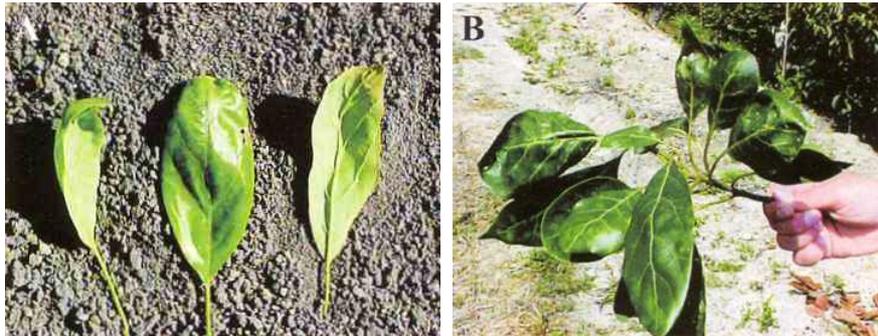


Figura 25. (A) Hojas jóvenes y (B) maduras del flujo vegetativo de otoño en árboles de aguacate ‘Hass’ con niveles foliares menores a lo normal de boro. Nótese la deformación de los márgenes de las hojas. Fotografías del autor.

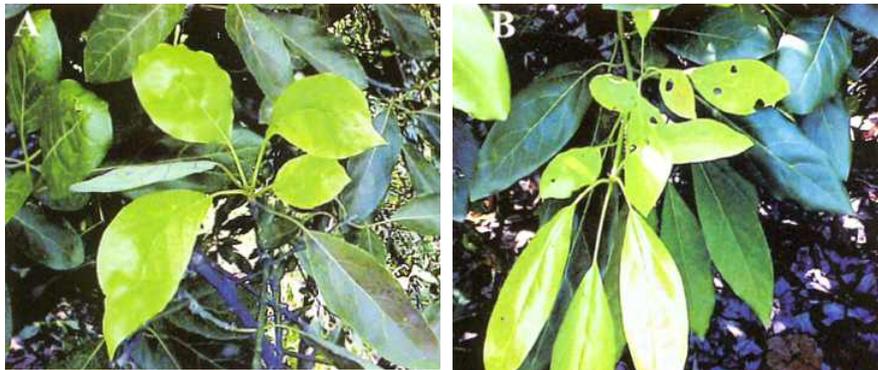


Figura 26. (A) Crecimiento distorsionado y (B) perforaciones en hojas jóvenes de aguacate ‘Hass’ con niveles menores a lo normal de boro. Fotografías de autor.



Figura 27. (A) Crecimiento distorsionado y (B) perforaciones en hojas jóvenes de aguacate 'Hass' con niveles menores a lo normal de boro. Fotografías de autor.



Figura 28. Fruto deforme de aguacate 'Hass' con deficiencia de boro. Fotografía del autor.



Figura 29. Síntomas de toxicidad por exceso de boro en aguacate. Fotografía cortesía del Dr. T.W. Embleton.
