

---

## MANEJO DE LA FERTILIZACION DEL AGUACATE (Segunda Parte)

### Azufre (S)

El S forma parte de dos aminoácidos importantes para el metabolismo de las plantas, cisteína y metionina, así como de la coenzima A. El S es muy abundante en el suelo y en lugares cercanos a zonas industriales puede provenir de la atmósfera en forma de rocío o lluvia en cantidades de hasta 454 g de S por cada 25 mm de lluvia. En el suelo, el S se encuentra en forma inorgánica y orgánica.

Aparentemente el S casi nunca ha sido un factor limitante para el crecimiento del aguacate. Los síntomas de deficiencia o exceso no son comunes, tanto en huertos comerciales como en viveros (Embleton y Jones, 1966). Sin embargo, en ocasiones ocurren niveles foliares bajos de S, en huertos regados con agua con alto contenido de sulfatos lo que hace sospechar acerca de la disponibilidad del S en suelos aguacateros o en la definición de los métodos de evaluación de los niveles de suficiencia de S en este cultivo. Se necesita de más investigación en esta área de la nutrición del aguacate para definir los requerimientos de S para lograr altos rendimientos de fruto.

**Requerimientos de S.-** A pesar de su papel, tan importante en el metabolismo de las plantas, el S nunca ha sido visto como un nutrimento importante para el aguacate y el monitoreo de sus niveles foliares normalmente recibe poca atención. Esto es debido probablemente a que nunca ha habido una fuerte razón para sospechar de algún efecto dañino debido a la deficiencia de S. Sin embargo, el hecho es que el S del suelo está siendo constantemente removido por la cosecha y por lo tanto debe de ser reemplazado.

Una cosecha de 30 toneladas de aguacate Hass remueve casi 10 kg de S del suelo. Esta cantidad puede ser retornada al suelo a través de adiciones de materia orgánica o como nutrimento acompañante de las fertilizaciones con sulfato de potasio (17.6% S) y sulfato de amonio (24% S), de uso común en la mayoría de las regiones aguacateras. Sin embargo, si no se usan estas fuentes de fertilizantes podría ser necesario considerar la aplicación de S al suelo.

**Manejo de la fertilización con S.-** Como otros nutrimentos, el S debe manejarse con mucho interés. Las muestras foliares y de suelo deben de ser calibradas periódicamente para tener un buen juicio sobre la cantidad de S a aplicar. Es importante recordar que después de la aplicación al suelo de azufre elemental, éste necesita oxidarse a  $SO_4$ , mediante la acción de las bacterias de la materia orgánica. De esto se desprende que es indispensable la frecuente incorporación de materia orgánica al suelo del huerto.

**Fuentes de S-** Como se mencionó anteriormente, la principal fuente de azufre es la materia orgánica (M.O.). Si se mantienen niveles altos de M.O. con un buen manejo del suelo se tendrá una buena reserva de  $SO_4$ . La relación ideal de C/N/S en suelos bien drenados no calcáreos debe ser aproximadamente 120/10/1.4. De la materia orgánica de los suelos se liberan entre 4 a 13 kg de S por hectárea por año. Además, se considera

---

que suelos con más de 5 ppm de S disponible como sulfatos es suficiente para el crecimiento de la mayoría de los cultivos (Tisdale et al., 1993).

La selección del material fertilizante portador de S en aguacate es muy importante. Por ejemplo, se tiene que considerar la reacción del suelo (ácido o neutro). No es recomendable utilizar fertilizantes de reacción ácida, como el sulfato de amonio, los polisulfuros de amonio o la urea-ácido sulfúrico (**Tabla 20**) si el suelo es ácido (pH's menores a 5.5). En suelos ácidos se deben utilizar sulfato de potasio o sulfatos de potasio y magnesio. Los tiosulfatos de potasio (KTS) y de amonio (ATS) son excelentes productos cuando se utilizan en fertigación y los suelos tienen niveles de materia orgánica suficientes. El KTS y el ATS son compatibles con la mayoría de las soluciones nitrogenadas y mezclas líquidas (N-P-K).

**Tabla 20. Fuentes de azufre**

Fertilizantes	Fórmula	Porcentaje aprox. de S
Azufre elemental	S <sub>8</sub>	100
Bentonita azufrada		90
Tiosulfato de amonio (ATS)	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26
Polisulfuro de amonio	(NH <sub>4</sub> )S <sub>x</sub>	45
Urea-ácido sulfúrico	(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	9-18
Sulfato de amonio	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	24
Sulfato doble de potasio y magnesio	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·2MgSO <sub>4</sub>	22
Sulfato de potasio	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	17-18
Tiosulfato de potasio (KTS)	K <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17
Polisulfuros de potasio	KS <sub>x</sub>	23
Yeso agrícola	CaSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	23-27

<sup>z</sup>El azufre elemental tiene que convertirse a SO<sub>4</sub><sup>-</sup> para poder ser absorbido por las plantas

Cuando se usa azufre elemental (S) o compuestos que contienen azufre elemental (reducido), éstos tienen que aplicarse al suelo varios meses antes de que los requiera el árbol. Además, la incorporación del S o materiales azufrados debe hacerse donde se encuentra la mayor cantidad de materia orgánica en el suelo.

La utilización de yeso agrícola es recomendable principalmente en suelos con problemas de sodio. Sin embargo, suelos con niveles muy bajos de S y con baja disponibilidad del Ca son candidatos a recibir yeso agrícola. El yeso agrícola no se debe mezclar con otros fertilizantes, especialmente fertilizantes fosfatados como MAP o DAP. El yeso agrícola tampoco se debe mezclar con urea o nitratos y el yeso debe incorporarse muy bien en el área de goteo del árbol.

Las sales neutras, como el sulfato de potasio o el sulfato doble de potasio y magnesio, son muy recomendables en suelos ácidos y su disponibilidad es muy rápida debido a su alta solubilidad. Debido a que el SO<sub>4</sub> se puede lixiviar con relativa facilidad del perfil de

---

suelo, la aplicación de fertilizantes azufrados funciona muy bien si se fracciona en dos o más aplicaciones, especialmente en zonas de alta precipitación y suelos arenosos.

## Hierro (Fe)

El Fe es un componente importante de las enzimas involucradas en la transferencia de electrones (reacciones redox) como citocromos y proteínas. También, es componente de proteínas involucradas en la fotosíntesis, fijación de nitrógeno y respiración (Taiz y Zeiger, 1991). En este último proceso, ocurre una oxidación reversible de  $\text{Fe}^{2+}$  a  $\text{Fe}^{3+}$  durante la transferencia de electrones.

De manera similar a la deficiencia de Mg, los síntomas típicos de la deficiencia de Fe aparecen como una clorosis intervenal. Sin embargo, como el Fe no puede ser rápidamente movilizado de las hojas adultas a las jóvenes, los síntomas inicialmente aparecen en las hojas jóvenes. En condiciones de extrema deficiencia, la hoja completa podría tornarse blanca. La clorosis de las hojas ocurre porque se requiere Fe para la síntesis de la clorofila. Sin embargo, su papel preciso en la síntesis de clorofila todavía es sujeto de investigación. La baja movilidad del Fe es probablemente debido a su precipitación en las hojas adultas como óxidos insolubles y fosfatos, o la formación de complejos con fitoferritina, una proteína secuestradora de Fe en la hoja (Bienfait y Van der Mark, 1983). La precipitación del Fe reduce su posterior movilización hacia el floema para su transporte a largas distancias.

La clorosis es a menudo un buen indicador del contenido de hierro o de su actividad en las hojas de aguacate. El aumento en la clorosis ha sido relacionado con un descenso en los niveles foliares de Fe, contenido de clorofila y actividad de la enzima catalasa en hojas jóvenes de aguacate que crecían en suelos con cantidades crecientes de  $\text{CaCO}_3$  (5 a 30%) (López-Jiménez, 1985).

El aguacate es muy susceptible a la deficiencia de Fe. El pH del suelo juega un papel importante y el rango adecuado de pH para el cultivo del aguacate está entre 5.5 y 6.5. Cuando el pH es superior a 7, es muy probable que ocurran deficiencias de Fe ya que el Ca es el catión predominante en ese tipo de suelos. En estas condiciones ocurre la clorosis debida a suelos calcáreos, la cual a nivel mundial, es posiblemente más importante en aguacate que en cualquier otro frutal. La mayoría de las zonas productoras de aguacate en zonas tropicales y subtropicales, particularmente las de lluvias escasas, tienen una alta incidencia de suelos con pH neutro a alcalino, donde la clorosis férrica es un problema importante (Salazar-García, 1999).

**Requerimientos de Fe.-** Dependiendo del cultivar y de la producción de fruto, una cosecha de aguacate puede remover de 100 a 600 g de Fe/ha. Esta no es una cantidad elevada, comparada con N o K. Sin embargo, es necesario recordar que la planta requiere pequeñas cantidades de los denominados los microelementos, lo que no significa que éstos tengan menor importancia, por el contrario, las deficiencias de micronutrientes como el Fe no sólo pueden afectar la producción y calidad del fruto, sino que pueden llegar a causar la muerte del árbol.

**Manejo de la fertilización con Fe.-** Dada la diversidad de causas que pueden originar la deficiencia de Fe, ésta puede ocurrir a ambos extremos del pH. Una estrategia apropiada

---

---

para corregirla es detectar su origen. Los siguientes factores pueden contribuir al desarrollo de la clorosis férrica, ya sea en forma independiente o en combinación con otros desórdenes: escasez de Fe en el suelo, presencia de carbonato de calcio en el suelo, presencia de bicarbonatos en el suelo o agua de riego, riegos pesados o condiciones de inundación, altos niveles de fosfatos, elevados niveles de metales pesados, temperaturas extremas bajas o altas, alta intensidad luminosa, niveles elevados de N-NO<sub>3</sub>, desequilibrios en las relaciones entre cationes, deficiente aireación del suelo, adición de ciertos tipos de materia orgánica al suelo, ataque de virus, daños a la raíz por hongos, nemátodos u otros organismos (Wallace y Lunt, 1960; Embleton et. al., 1973).

Una forma de controlar la deficiencia es la aplicación al suelo de sales de Fe como sulfato de hierro. Sin embargo, en suelos alcalinos el árbol de aguacate no lo puede utilizar. Diversos factores contribuyen a este problema. En suelos con pH alcalino el Fe forma rápidamente hidróxido de hierro y complejos carbonatados que son insolubles (Wallace, 1962). También, el Fe se oxida rápidamente formando óxido de hierro que también es insoluble, y el Ca de los suelos calcáreos y/o el Mg en suelos dolomíticos compiten con el Fe por la absorción por la planta. Todos estos factores hacen que el porcentaje de hierro soluble (Fe<sup>2+</sup>) en los suelos sea extremadamente bajo.

Los productos de Fe en forma de quelatos protegen el Fe<sup>2+</sup> del ataque de los agentes que lo oxidan o los precipitan en el suelo. Como la estrategia de usar quelatos ha tenido mucho éxito es la forma más popular de corregir la deficiencia de Fe en suelos alcalinos. Un quelato es un enlace coordinado que forma una estructura de anillo entre el metal y el agente quelatante (Wallace, 1962). Entre más grande es el número de enlaces coordinados en el complejo quelatado (hasta seis, el número de sitios de enlace del Fe) el compuesto es más estable. Entre más grande es la estabilidad del quelato mayor es la probabilidad de que el Fe resista la precipitación por los iones hidróxido y/o carbonato presentes en el suelo, manteniendo de esta forma una mayor concentración del quelato en el suelo. Los quelatos de Fe más comunes son el FeEDTA y el FeEDDHA.

El FeEDTA fue el primer quelato sintético usado en la agricultura (Leonard y Stewart, 1952) y se puede usar 0exitosamente en suelos ácidos. En suelos neutros o alcalinos no es muy adecuado ya que se hidroliza y el Fe es sustituido por el calcio (Sánchez et al., 1991). El quelato más efectivo para corregir la clorosis férrica en suelos ácidos y alcalinos es el FeEDDHA, conocido comercialmente como Sequestrene 138-Fe (6% Fe). Este quelato es estable entre pH de 4 a 10, mientras que la estabilidad del FeEDTA disminuye arriba de pH 7.

Al parecer, la forma más efectiva de evitar la clorosis férrica es el establecimiento de huertos en zonas sin presencia del problema, más que tratar los árboles después de que ocurren los síntomas. El uso de portainjertos tolerantes a la clorosis férrica puede ayudar a cultivar aguacates en suelos calcáreos o alcalinos. Importantes avances en este sentido se han logrado en Israel.

**Fuentes de Fe.-** La clorosis férrica es una de las deficiencias más difíciles de controlar o corregir ya que las aplicaciones de compuestos portadores de Fe al suelo generalmente son ineficientes porque se precipitan y se hacen insolubles. La eficiencia de los portadores de Fe aplicados al suelo es menor del 20%, lo que ocasiona incremento en costos por su poca efectividad. De las fuentes de hierro presentadas en la **Tabla 21**, el

---

FeSO<sub>4</sub>, es una fuente común para aplicaciones foliares al 1 ó 2% ó en inyecciones directas al tronco del árbol.

**Tabla 21. Fuentes de hierro**

Fertilizantes	Fórmula	Porcentaje	
		Fe	S
Sulfato de hierro (II)	FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	20-30	11-18
Sulfato de hierro (III)	Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> .9H <sub>2</sub> O	23	27
Oxisulfato de hierro	FeSO <sub>4</sub> +FeO	50	5
Quelatos de hierro	NaFeEDTA	5-14	
	NAFeHEDTA	5-9	
	NaFeEDDHA	6	
	NaFeDTPA	10	

De los quelatos utilizados el FeEDDHA es el más estable en suelos calcáreos, sin embargo, la solución a largo plazo es bajar el pH del suelo para incrementar la disponibilidad de las formas solubles de Fe en la solución del suelo. La utilización de fertilizantes ácidos

como polifosfatos de amonio junto con aplicaciones de FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O ó quelatos incrementa temporalmente la asimilación de Fe, si la aplicación se realiza cerca de la zona de máxima absorción de las raíces del árbol.

**Épocas y formas de aplicación del Fe.-** Las dosis óptima de quelatos depende del tamaño del árbol, el grado de clorolisis, el tipo de suelo y las prácticas de manejo. Por esta razón, la cantidad de quelato a utilizarse debe determinarse experimentalmente en cada área productora. La eficiencia del quelato depende de la utilización de un método efectivo de aplicación. Desgraciadamente, los quelatos más estables son relativamente costosos para uso comercial y su efecto en ocasiones desaparece después de seis meses (Bingham y Beutel, 1957).

En Israel, se demostró que la aplicación al suelo de 30 g de quelato 138-Fe por árbol elimina los síntomas de clorolisis férrica a los dos meses y éstos no reaparecen durante dos años (Kadman, 1962). Inyecciones al suelo con otros quelatos de Fe no dieron buenos resultados (Kadman y Lahav, 1971-72). En una zona aguacatera de Cyprus, en suelos con 35% de carbonato de calcio y pH 8.2 la aplicación de 450 g de Sequentrene 138-Fe por árbol de aguacate eliminó los síntomas visuales de la deficiencia de Fe e incrementó el crecimiento y la producción del fruto (Gregoriou et al., 1983). En California se recomienda aplicar anualmente al suelo de 113 a 227 g de Sequestrene 138-Fe en árboles adultos de aguacate (UC, 1978).

Debido a que la mayoría de las fuentes de Fe aplicadas al suelo generalmente son inefectivas o costosas, se considera que las aspersiones foliares son una mejor alternativa para corregir el problema de clorosis férrica. Las aspersiones foliares usualmente necesitan repetirse cada dos o tres semanas durante el flujo de crecimiento vegetativo. El costo del material no es muy alto, pero si lo es la aplicación. Las aspersiones foliares con sulfato de hierro (FeSO) o nitrato de hierro [Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O] corrigen satisfactoriamente la clorolisis férrica en mango (Kadman y Gazit, 1984). Existe poca información sobre aspersiones foliares de Fe en aguacate. Embleton y Jones (1966) y Kadman y Lahav (1971-1972) mencionan la falta de respuesta de los árboles de aguacate y la presencia ocasional de quemaduras de hojas. Esto puede suceder cuando no se utilizan surfactantes que faciliten la penetración, pero el pH del agua

---

también puede influir. Una de las desventajas de las aplicaciones foliares es que sólo corrigen la clorosis férrica durante una temporada.

Existe mucha controversia sobre la absorción de los productos portadores de Fe por el follaje. En ocasiones una dosis elevada (1 a 2% de FeSO<sub>4</sub>) puede compensar por una baja absorción, sin embargo, estos niveles elevados de Fe pueden causar quemaduras de los márgenes de las hojas y toxicidad aguda. El desarrollo reciente de mejores surfactantes no tóxicos que incrementan la penetración del Fe en el tejido foliar ha incrementado el potencial para el uso de las aspersiones foliares para corregir la clorosis férrica, pero requieren evaluarse en aguacate.

Las hojas no poseen un mecanismo de producción de ácidos como lo poseen las raíces. Por esta razón, cuando se aplica Fe foliar a valores de pH inferior al rango fisiológico, se pueden usar concentraciones más bajas de Fe. Esto disminuye el riesgo de fototoxicidad y además el Fe podría estar disponible más fácilmente para ser absorbido por la hoja. Investigación con macadamia demostró que los árboles respondieron bien a las aplicaciones foliares con FeSO<sub>4</sub>, a pH de 3, 2, y 1 (Wallace y Bedri, 1958). Las hojas de la mayoría de las especies no tolerarían pH 1, pero la mayoría tolera pH 3. Cuando se necesitan aspersiones foliares es conveniente hacer pruebas de la respuesta a la aplicación de soluciones con diferente pH, más la adición de surfactante, como un procedimiento para mejorar la efectividad y disminuir la fitotoxicidad.

Las inyecciones presurizadas al tronco con soluciones de Fe han dado resultados variables. Inyecciones a árboles de aguacate con 2.5 a 5 g/árbol de Sequestrene 138Fe producen una rápida respuesta (Kadman y Cohen, 1973-74). Resultados similares se obtienen con inyecciones al tronco o ramas principales de árboles de aguacate de una solución de 100 ml de FeEDDHA al 1% ó FeSO<sub>4</sub> al 2% (Kadman y Lahav, 1982). Sin embargo, en la mayoría de los casos, la duración del efecto es relativamente corta, además de que es necesario aplicar varias inyecciones por árbol para asegurar una buena distribución a través del árbol. Las inyecciones al tronco pueden ser un método para obtener una rápida respuesta, especialmente en árboles con clorosis férrica aguda, pero éstas deben ser acompañadas del tratamiento al suelo para procurar efectos más prolongados.

Las aplicaciones de citrato férrico de amonio en barrenos pequeños hechos en el tronco o inyectado con jeringa también han demostrado ser eficientes para corregir la clorosis férrica. Este compuesto es más soluble que el sulfato de hierro y 10 ml de una solución con 8% de Fe contiene suficiente Fe para incrementar en 50 ppm los niveles foliares de un árbol adulto (Wallace, 1991).

La desventaja de las inyecciones al tronco es el riesgo de aplicar cantidades excesivas de Fe y causar toxicidad. La toxicidad por Fe puede causar síntomas similares a los de su deficiencia, sólo que en el caso de la toxicidad, los síntomas en plantas jóvenes en maceta suelen aparecer primero en las hojas adultas inferiores, como ocurrió con la planta conocida en México como flor de muerto (*Tagetes erecta*) (Albano et al., 1996). En ocasiones, las inyecciones con soluciones de Fe también pueden causar daños al tronco en el sitio de la aplicación, lo que puede propiciar la infección por patógenos.

Al parecer, la forma más eficiente de aplicar FeEDDHA es a través del riego por micro aspersión o goteo, ya que de esta forma se suministra directamente a las áreas del suelo

---

donde hay mayor proliferación de raíces. Estos sistemas de riego se usan en cultivos de mayor rentabilidad (como el aguacate) y por esta razón los 2 a 5 kg/ha de FeEDDHA necesarios pueden ser económicamente aceptables. Una práctica común en huertos de aguacate en suelos calcáreos de Israel es aplicar 1 a 2 mg/litro de FeEDDHA más surfactante a través del sistema de riego (Kadman y Lahav, 1982).

Una buena estrategia para suministrar Fe a árboles de aguacate que crecen en suelos calcáreos es agregar el Fe como  $\text{FeSO}_4$  a la fuente de materia orgánica. Esto mantendrá el Fe en forma disponible para las raíces como quelato de hierro. También, la materia orgánica mantendrá el pH ligeramente ácido y consecuentemente los compuestos orgánicos estarán en forma disponible durante más tiempo. Además, el crecimiento de raíces se favorece por la presencia de un sustrato libre de carbonatos y la planta puede absorber el Fe necesario. La materia orgánica es efectiva para minimizar la inactivación del Fe por el carbonato presente en los suelos calcáreos, pero esta efectividad se reduce mucho cuando existe un alto contenido de bicarbonatos en el agua para el riego.

## Cobre (Cu)

Las aspersiones al follaje de fungicidas a base de Cu son comunes en los huertos de aguacate. Su propósito es prevenir la presencia de enfermedades fungosas en hojas, brotes y frutos. Esta práctica ayuda a mantener los niveles foliares de Cu en el intervalo normal. Sin embargo, las aspersiones foliares frecuentes pueden elevar excesivamente las concentraciones foliares de Cu. En este caso, es recomendable suspender el uso de fungicidas con Cu o alterar el uso con otro tipo de fungicidas.

**Tabla 22. Fuentes de cobre**

Fertilizantes	Fórmula	Porcentaje	
		Cu	S
Sulfato de cobre (II)	$\text{CuSO}_4$	35-25	12-18
Oxicloruro de cobre	$\text{CuOCl}$	58	
Quelatos de cobre	$\text{Na}_2\text{CuEDTA}$	7-13	
	$\text{NaCuHEDTA}$	9-4	

Las deficiencias de Cu son menos comunes que el resto de los micronutrientes. La deficiencia de este elemento puede darse en suelos recién nivelados muy ácidos o los clasificados como Histosoles, pobres en nutrientes. El Cu puede ser también secuestrado por

la materia orgánica en los suelos vírgenes con muy altos contenidos de materia orgánica y bajo condiciones de baja temperatura y alta humedad.

El **Tabla 22** presentan los fertilizantes portadores de Cu más comunes con la concentración aproximada de Cu disponible. Normalmente, la aplicación foliar de fungicidas con Cu suple la demanda total de este nutrimento.

## Manganeso (Mn)

**Requerimientos de Mn.-** La importancia del Mn en la producción del aguacate no se ha determinado claramente, sin embargo, su elevado contenido en la cubierta de la semilla (cerca de 80 ppm en algunos cultivares) es evidencia de que puede desempeñar un papel

---

importante en el desarrollo del fruto del aguacate y consecuentemente en el volumen de la cosecha. Una producción de 30 toneladas de fruto fresco remueve del suelo entre 20 y 30 g de Mn, los cuales, según las condiciones de cultivo, deberían de ser suministrados al árbol. Desde el punto de vista fisiológico, la presencia de las clorosis intervenales típicas de la deficiencia de Mn es razón suficiente para corregir el síntoma. La deficiencia de Mn se observa frecuentemente en suelos bien drenados de pH neutro o alcalino. En la región productora de aguacate de Atlixco, Puebla, son comunes las deficiencias de Mn y otros micronutrientes en suelos de textura ligera y pH entre 8 y 8.5. En las regiones productoras de Michoacán y Nayarit, con suelos de textura ligera y pH del suelo entre 4.5 y 6.8 no es frecuente este problema.

**Manejo de la fertilización con Mn.-** Los síntomas foliares de las deficiencias de Mn, Zn y Mg pueden ser similares en ciertas etapas del desarrollo de la hoja o de la deficiencia. Una forma relativamente segura para descartar entre ellas es el análisis foliar. Sin embargo, en ocasiones los niveles foliares de Mn son elevados en árboles con o sin síntomas de deficiencia. Esto puede originarse por aplicaciones de fungicidas que contienen Mn, aunque el siguiente flujo de crecimiento podría mostrar niveles deficientes. Ante esto, es importante conocer el historial de las aplicaciones foliares realizadas en el huerto.

La mayoría de los portainjertos de aguacate parecen poseer una habilidad especial para proveerse de Mn del suelo. También, la mayoría de los cultivares parece tener un mecanismo, todavía no determinado, de tolerancia a concentraciones foliares muy variables de Mn. Lo anterior se soporta en los estudios de Embleton y Jones (1966), quienes sugirieron como niveles foliares normales el intervalo entre 30 a 500 ppm. Resultados similares se han encontrado en distintas zonas productoras de aguacate de México en huertos sin aplicaciones de Mn al suelo o follaje. Por ejemplo, en Nayarit, las concentraciones en hojas de aguacate Hass de 41 huertos establecidos fluctuaron entre 200 a 690 ppm en cinco tipos de suelos, con pH 4.9 a 6.8 y contenidos de Mn en el suelo de 3 (muy bajo) a 45 ppm (medio) (Información no publicada del autor).

Cuando la deficiencia de Mn es causada por el pH alcalino del suelo, el problema puede corregirse acidificando el suelo mediante el uso de fertilizantes formadores de ácidos o con aplicación de S al suelo. Es necesario tener presente que este proceso debe ser lento para evitar trastornos nutrimentales en el aguacate debido al cambio brusco del pH.

Existe poca información del efecto en el rendimiento en respuesta a la aplicación de Mn al aguacate. Sin embargo, es necesario considerar que el Mn aplicado al suelo puede fácilmente transformarse a formas insolubles, por lo que es conveniente aplicarlo en bandas o en hoyos alrededor del árbol. La dosis de Mn para aplicación al suelo dependen de la intensidad de la deficiencia (según el análisis foliar y presencia de síntomas), del pH del suelo, contenido de materia orgánica, fuente de Mn y método de aplicación.

Dada la solubilidad del sulfato de manganeso ( $\text{MnSO}_4$ , 26-28% Mn), este puede utilizarse tanto para aplicaciones al suelo (en pH no alcalino) como en aspersiones al follaje. Para corregir la deficiencia de Mn en aguacate se pueden evaluar aspersiones foliares con soluciones que contengan 2 a 4 g de  $\text{MnSO}_4$  por litro. Las aspersiones foliares de quelato de manganeso ( $\text{MnEDTA}$ , 12% Mn) son tan buenas como las de  $\text{MnSO}_4$ , aunque con la forma quelatada se puede aplicar una dosis tres veces menor, lo

---

que disminuye los riesgos de toxicidad. En ocasiones es necesaria la aplicación repetida de aspersiones al follaje.

**Tabla 23. Fuentes de manganeso.**

Fertilizantes	Fórmula	Porcentaje	
		Mn	S
Sulfato de manganeso	MnSO <sub>4</sub> ·4H <sub>2</sub> O	26-28	18
Oxisulfato de manganeso	MnSO <sub>4</sub> +MnO	28	5
Quelatos de manganeso	MnEDTA	5-12	

#### Fuentes de Mn.-

Las fuentes más comunes de fertilizantes que contienen Mn se presentan en la **Tabla 23**. El sulfato de manganeso es la fuente soluble más utilizada en apli-

caciones al suelo y/o foliares. En el caso de los óxidos, su utilización no es muy recomendable debido a la baja solubilidad de estos productos. Las dosis de aplicación pueden variar de 1 a 25 kg de Mn/ha y la forma de aplicación dependerá de las características del suelo y del sistema de producción del huerto. La aplicación de quelatos de Mn al voleo no es muy recomendable ya que muchas veces el Ca y Fe presentes en suelos ácidos de origen calcáreo pueden reaccionar con la fuente fertilizante y bloquear al Mn, ocasionando una baja asimilación y la formación de complejos insolubles de Mn no disponibles para la planta. Nunca hay que mezclar cal agrícola con fuentes fertilizantes portadores de Mn y de preferencia hay que buscar que la solución preparada en caso de aplicarse foliarmente sea neutra o ligeramente ácida (pH 5 a 6).

## Zinc (Zn)

Al igual que el Fe, el Zn ha llamado la atención a investigadores de la nutrición mineral del aguacate. La deficiencia de Zn está presente en la mayoría de las regiones productoras del mundo, en los diferentes rangos de pH del suelo en los que se cultiva el aguacate. La importancia de eliminar esta deficiencia radica en que ésta, no sólo reduce la cantidad de fruto cosechado, sino que es una de las principales razones para que los cultivares de aguacate produzcan fruto pequeño y de forma redondeada.

**Requerimientos de Zn.-** Una producción de fruto de aguacate Hass de 30 toneladas puede remover del suelo del huerto entre 120 y 200 g de Zn. En ocasiones las propiedades físicas y químicas de los suelos impiden que las raíces de aguacate tomen del suelo el Zn necesario y puede originarse una deficiencia. Cuando el origen de la deficiencia de Zn es el pH elevado del suelo, la adición de mejoradores o fertilizantes de reacción ácida puede reducir el problema.

En algunas regiones productoras de aguacate, el descenso de las temperaturas durante el otoño-invierno puede agudizar la deficiencia de Zn. Esto se debe a que la baja temperatura puede reducir la movilidad de este elemento en el suelo, la actividad de las raíces y su correspondiente capacidad de absorción, así como la movilidad del Zn dentro de la planta.

**Tabla 24. Dosis sugeridas de sulfato de zinc (36% Zn) para aplicaciones al suelo en banda según la edad de los árboles de aguacate en California.**

Edad (años)	Cantidad por árbol (kg)
2	0.3
5	0.9
7	1.2
10	1.5
15	2.4
20	3.0

dosis de Zn recomendadas en California.

**Tabla 25. Fuentes de zinc.**

Fertilizantes	Fórmula	Porcentaje	
		Zn	S
Sulfato de zinc	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	22-30	11-18
Oxisulfato de zinc	ZnSO <sub>4</sub> +ZnO	36	8
Quelatos de zinc	Na <sub>2</sub> ZnEDTA	6-14	
	NaZnNTA	13	
	Na <sub>2</sub> ZnHEDTA	9	
Fosfato de zinc	Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	51	

embargo, para utilizar esta fuente se debe considerar las características del suelo, ya que el Zn puede ser bloqueado por elementos como el Ca o el P. Cuando los suelos presentan problemas de desbalance de nutrientes los quelatos de Zn son una buena alternativa. Debe considerarse, sin embargo, que cuando se prevén problemas de saturación de cationes o compuestos que pueden bloquear al Zn, como el nivel de Ca o Mg en el suelo, el pH o niveles muy altos de fertilización con P, lo que se recomienda es atacar el problema de origen para disminuir la capacidad de fijación del suelo y así permitir la liberación del Zn soluble. Es importante también saber cuando utilizar una fuente menos soluble como el fosfato de zinc. Este producto puede entregar Zn al suelo a través de varios años, actuando como un fertilizante de liberación lenta.

**Epoca y forma de aplicación del Zn.-** La deficiencia de Zn en los árboles puede corregirse ya sea con aplicaciones al follaje o al suelo. Para aplicaciones al follaje con equipo terrestre es recomendable utilizar una solución que contenga 2 g de sulfato de zinc (ZnSO<sub>4</sub>) por litro de agua. La aspersión al follaje se puede realizar en cualquier época del año, aunque para mayor efectividad es recomendable hacerla durante el desarrollo de los flujos vegetativos, procurando mojar los árboles completamente (4-10 litros de agua por árbol adulto, dependiendo del equipo de aplicación utilizado). Es necesario considerar que la efectividad de las aspersiones con nutrientes es mayor en las hojas jóvenes ya que éstas todavía no han desarrollado completamente la cutícula cerosa que cubre las hojas adultas y que no sólo las protege de la desecación, sino que también las hace relativamente impermeables a las soluciones aplicadas. Cuando la

**Manejo de la fertilización con Zn.-** La presencia de síntomas visuales es un indicador de que la deficiencia de Zn es aguda o crónica. Una ventaja del uso del análisis foliar es que puede ayudar a detectar la deficiencia de Zn mucho antes de que los síntomas aparezcan y puedan afectar el crecimiento, producción y calidad del fruto.

Para precisar la mejor dosis y frecuencia de aplicación de Zn es recomendable utilizar el análisis foliar y el diagnóstico visual de síntomas en el follaje y en la forma del fruto. En la **Tabla 24** se presentan las

**Fuentes de Zn.-** Las fuentes más recomendadas de Zn se presentan en el **Tabla 25**. Las principales características de una adecuada fuente de Zn son la solubilidad del producto en el suelo y su disponibilidad para el cultivo. El sulfato de zinc es muy soluble, sin

---

deficiencia es severa podría requerirse de dos o tres aplicaciones ya que una sola aspersión podría ser suficiente. Las aplicaciones posteriores pueden realizarse a intervalos mensuales o durante los distintos flujos vegetativos.

La aplicación del sulfato de zinc al suelo normalmente da buenos resultados en suelos con pH ligeramente ácido. Este tratamiento es apropiado para huertos o épocas del año en que los equipos de aspersión terrestre no tienen fácil acceso, como los huertos con copas entrecruzadas, con pendientes muy pronunciadas, o en la época lluviosa.

Otro uso de los tratamientos al suelo es para aquellas zonas con árboles con deficiencias severas donde que las aplicaciones foliares anuales no corrigen la deficiencia.

El tratamiento al suelo proporciona una respuesta más lenta que la aspersión al follaje, pero tiene un efecto más duradero, por dos o más años.

Las aspersiones al follaje con sulfato de zinc suelen ser efectivas sólo por un periodo corto de tiempo, presumiblemente debido a que el Zn no es fácilmente removilizado de las hojas adultas a las jóvenes (Embleton y Jones, 1964). Por esta razón, las aspersiones al follaje deben realizarse con mayor frecuencia.

La efectividad de la aplicación de sulfato de zinc al suelo depende del tipo de suelo y la dosis aplicada. En suelos de textura ligera la respuesta es más rápida y puede ser notoria en cinco meses. En suelos arcillosos, la respuesta puede observarse hasta un año después de la aplicación. La fertilización con Zn al suelo puede realizarse en cualquier época del año, aunque debe existir suficiente humedad en el suelo, ya sea de riego o de la lluvia. La aplicación de sulfato de zinc puede efectuarse colocándolo en una zanja de 50 a 60 cm de ancho y 15 cm de profundidad o alrededor de la zona de goteo del árbol. También puede aplicarse en bandas como las usadas para la fertilización con P y K. Sin embargo, nunca se debe mezclar el fertilizante fosfatado con el sulfato de zinc.

Las formas quelatadas de zinc, como el ZnEDTA, pueden ser útiles para corregir la deficiencia de Zn, sobre todo en suelos con pH alcalino (pH 7 a 8). La aplicación de 454 g de ZnEDTA por árbol de aguacate de seis años, fraccionado en varias aplicaciones a través del sistema de riego, elimina los síntomas de deficiencia de Zn en hojas y frutos y permite niveles normales de Zn en la hoja. Los efectos de esta aplicación duran cuatro años (Embleton y Jones, 1964). Sin embargo, en suelos no alcalinos, no se han encontrado diferencias entre el uso de quelato de zinc o sulfato de zinc, salvo el costo menor del producto de la forma sulfatada.

## **Boro (B)**

**Requerimientos de B.-** La cantidad de B invertida en una cosecha de aguacate Hass de 30 toneladas es similar a la de Zn (120 – 200 g). Durante muchos años, el B no formó parte del grupo de nutrimentos con los que se fertilizaba el aguacate. Algunas razones para que esto ocurra fueron: a) el B existente en los suelos era suficiente para cubrir las necesidades de las cosechas durante muchos años, b) la ausencia de trabajos que demostraran los requerimientos de B del aguacate y su efecto sobre el proceso de floración, amarre y forma del fruto y la calidad de poscosecha y, c) el B no era un nutrimento que los laboratorios analizaran rutinariamente.

---

**Fuentes de B.-** Bajo condiciones de manejo intensivo o en el caso de huertos viejos, los suelos que contenían buena cantidad de boro silicatos se agotan. Debido a la baja solubilidad del B, que en forma natural proviene del mineral llamado Turmalina, y a la resistencia de éste a la meteorización, la disponibilidad de B para los cultivos es baja. La concentración natural de B en los suelos va de 2 a 200 ppm, pero en suelos agrícolas generalmente se encuentra entre 2 y 80 ppm. Sin embargo, en la mayoría de los suelos, menos de 5% del B total está disponible para la planta. La fuente de B más utilizada es el tetraborato de sodio (**Tabla 26**). Esta fuente, conocida como boráx, contiene porcentajes de B que van del 11 al 15%, dependiendo de la cantidad de moléculas de agua en la presentación del producto de uso agrícola.

**Tabla 26. Fuentes de boro.**

Fertilizantes	Fórmula	Porcentaje de B (aprox.)
Solubor	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{B}_{10}\text{O}_{16} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	20
Tetraborato de sodio decahidratado (Bórax)	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	11
Acido bórico	$\text{H}_3\text{BO}_3$	17
Colemita	$\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	10-16

Otro producto muy usado es el Solubor que tiene una concentración de B de 20% y generalmente con mayor versatilidad de uso que el borax. Los productos solubles pueden aplicarse en aspersiones diluidas sobre el follaje del árbol. En estos casos las soluciones deben de realizarse con aguas de buena calidad, sin carbonatos o bicarbonatos para evitar reacciones que disminuyan la eficiencia del fertilizante boratado. También debe cuidarse la concentración de las soluciones, ya que en aguacate la fertilización con B presenta rangos muy estrechos entre la suficiencia y la toxicidad.

La colemanita, un mineral que contiene borato de calcio (**Tabla 26**), es generalmente usada en suelos arenosos porque, aun cuando tiene poca solubilidad, su beneficio estriba en su retención del anión borato, evitando su pérdida por efectos de precipitaciones intensas o riegos pesados que ocasionan lavado y lixiviación de aniones del suelo. La selección de la fuente fertilizante debe de considerar la concentración elemental de B y no se deben calcular las necesidades de B basándose en las cantidades de producto comercial utilizado. Los productos comerciales normalmente presentan la concentración de B elemental en las etiquetas, la cantidad de que contiene el producto, así como la solubilidad y máxima concentración permitida.

Consideraciones como las anteriores deben de tomarse en cuenta al seleccionar la fuente de B a utilizarse en el huerto de aguacate, evitando seleccionar productos solamente por su precio.

**Manejo de la fertilización con B.-** En la actualidad, la corrección de la deficiencia de B con aspersiones al follaje es cada vez menos común, ya que se prefiere hacerlo con tratamientos al suelo. Sin embargo, en aplicaciones foliares, es conveniente tener cuidado con las concentraciones aplicadas al follaje para evitar toxicidades. Harkness y Lincoln (1953) aplicaron soluciones de hasta 2.4 g/L de Bórax (11% B) sin efectos

tóxicos (quemaduras de las hojas), aunque no mencionan la cantidad de agua utilizada por árbol.

En los últimos años, las aspersiones con B cuando las inflorescencias han alcanzado el estado coliflor (elongación de ejes secundarios de la inflorescencia, los que todavía están cubiertos por sus brácteas, flores pequeñas sin abrir) han dado resultados promisorios para mejorar el amarre de fruto (Salazar-García et al., 1998). Esta respuesta se basa en el efecto positivo del B en la germinación del polen, crecimiento del tubo polínico hacia el óvulo, gametogénesis (formación del óvulo y grano de polen) y división celular en las etapas iniciales de desarrollo del fruto (**Tabla 27**). Por esto, los efectos benéficos de la aplicación se han observado hasta en árboles con niveles normales de B. Es probable que la aspersión alivie la deficiencia temporal de B en las flores, la cual puede deberse a deficiencia de B en el árbol o a condiciones climáticas (lluviosas) que reducen tanto la actividad de las abejas como la polinización, condiciones que disminuyen la de por sí poca movilidad del B en el floema de la planta.

**Tabla 27. Efecto de la aplicación al follaje de boro y/o urea en el estado coliflor de desarrollo de la inflorescencia de árboles de aguacate Hass, sobre el número de tubos polínicos que penetraron el óvulo y el porcentaje de óvulos viables. Adaptado de Jaganath y Lovatt (1998).**

Tratamientos	Número de tubos polínicos que penetraron el óvulo		Porcentaje de óvulos viables	
Control	1.01 d*	0.77 c	72 bc	70 b
Boro	2.51 a	2.29 a	85 ab	81 a
Urea	1.32 c	1.48 b	90 a	88 a
Boro + Urea	2.25 b	2.10 a	82 ab	78 a

\*Medias con diferente letra en cada columna con significativamente diferentes según la prueba de Tukey,  $P \leq 0.05$ .

Las aspersiones con B durante el otoño o la primavera sobre árboles de aguacate sin deficiencia (según análisis foliares) han sido efectivas para incrementar el amarre de fruto en Sudáfrica (Robbertse et al., 1990, 1992). Resultados similares fueron obtenidos con aguacate Hass en California, en donde una sola aplicación en el estado coliflor con urea de bajo biuret para proporcionar 0.16 g B/árbol y/o Solubor (tetraborato de sodio, 20.5% B) para proporcionar 6 g B/árbol (2.9 g/L Solubor, esto equivale a 29 g Solubor/árbol empleando 10 L agua/árbol) incrementó el rendimiento en 26% (Lovatt, 1998a; **Tabla 28**). Sin embargo, en todas las regiones productoras, las aplicaciones de B al follaje han dado resultados erráticos, ya que solamente han incrementado el rendimiento en algunos huertos y en algunos años (Coetzer et al., 1993; Lovatt, 1998a).

**Tabla 28. Efecto de la aplicación al follaje de boro y/o urea en el estado coliflor de desarrollo de la inflorescencia de árboles de aguacate Hass, sobre el rendimiento. Adaptado de Jaganath y Lovatt (1998).**

Tratamiento	Rendimiento de fruto (kg/árbol)			
	Año 1	Año 2	Año 3	Acumulado
Control	69 a*	82 b	41 a	192 b

Boro	67 a	134 a	41 a	242 a
Urea	99 a	89 b	47 a	237 a
Boro + Urea	56 a	87 b	43 a	186 b

*\*Promedios de 16 árboles por tratamiento. Medias con diferentes letra en cada columna son significativamente diferentes según la prueba de Tuckey.*

Una sola aplicación al follaje con una solución de 2 g/L Solubor, cuando las inflorescencias habían alcanzado el estado coliflor y las hojas eran adultas, mostraron que la absorción de B por las hojas fue muy baja y prácticamente no hubo absorción por la parte superior (adaxial) de la hoja, es decir todo el B absorbido penetró a través de la parte inferior de la hoja (Robbertse et al., 1992). De aquí la importancia de hacer las aplicaciones cuando el follaje es joven y procurar mojar bien por dentro de la copa. En Nayarit, una sola aspersión foliar en aguacate Hass de Ducor Fol Boro<sup>MR</sup> (10% B) a razón de 0,5 g B/litro de agua más surfactante, al inicio del flujo vegetativo de invierno-primavera, incrementó en 46 ppm la concentración foliar de B en árboles tratados, ubicándolos en la normalidad (Salazar-García, información no publicada).

Se prefieren las aplicaciones al suelo por su mayor efecto que las aplicaciones al follaje. Las aspersiones al follaje parecen tener un efecto específico en las hojas, pero no alcanzan a llegar en suficiente concentración a las raíces ni a los frutos en desarrollo, en donde los requerimientos de B son cruciales.

Durante mucho tiempo se evitaron las aplicaciones de B al suelo debido a que se creía que el margen entre la deficiencia y toxicidad eran muy estrechos. Sin embargo, en los últimos años, las evidencias indican que el aguacate es más tolerante a las aplicaciones de B al suelo de lo que se creía. Esto ha provocado que en Australia y Nueva Zelanda se usen aplicaciones de B al suelo desde hace más de 10 años. Estos tratamientos han sido efectivos para incrementar los niveles foliares de B a los rangos de normalidad, sin causar toxicidad.

Al igual que con otros nutrientes, las aplicaciones de B al suelo deben ser evaluadas para cada condición de cultivo, tipo de suelo, magnitud de la deficiencia (determinado mediante el análisis foliar) y presencia de síntomas. Los análisis de suelo y foliares deben servir como herramienta para determinar las dosis y periodicidad de las aplicaciones.

Las dosis utilizadas en otras áreas productoras son excelentes guías para ubicar los tratamientos a evaluar en una región en donde no existen antecedentes de aplicaciones de B al suelo (**Tabla 29**).

**Tabla 29. Dosificaciones que podrían ser útiles para evaluar la respuesta del aguacate a la aplicación de boro al suelo. La dosis por árbol fue calculada para árboles con diámetros de copa de 6 m (28 m<sup>2</sup>).**

Boro (g/m <sup>2</sup> área de goteo)	Fertilizante total aplicado (g/árbol) <sup>+</sup>	Observaciones*	Calculado de:
1.8	454 g (Boráx)	En una sola aplicación. Hubo toxicidad con más de la dosis indicada. Cerca de causar la muerte del árbol con 1,800 g de Boráx.	Embleton y Jones (1996) California, USA

---

2.5	336 g (Solubor)	Dividido en tres aplicaciones de 112 g c/u en Febrero, Agosto y Diciembre. Asperjado al suelo bajo la copa de los árboles. Los niveles foliares de B alcanzaron la normalidad hasta la segunda aplicación. No hubo toxicidad.	Miyasaka et al. (1992). Hawai, U.S.A.
1.5	372 g (Bórax)	Dividido en dos aplicaciones de 186 g c/u.	Smith et al. (1997). Australia
1.1	280 g (Boráx)	Dividido en tres aplicaciones iguales de 93 g c/u en Julio, Agosto y Octubre. Toxicidad severa con 1,120 g de bórax y se manifestó a los 15 meses después de la primera aplicación.	Bard y Wolstenholme (1999). Sudáfrica.

---

<sup>+</sup>Solubor (20.5% B); Boráx (11% B)

<sup>\*</sup>Los meses descritos han sido ajustados a las etapas fenológicas que presentan el aguacate en el hemisferio Norte.

## Abonos Orgánicos

La utilización de abonos orgánicos, para mantener la fertilidad de los suelos cultivados con aguacate, es una práctica que ha sido realizada de manera tradicional en diversas zonas productoras de México. La aparición en el mercado de los fertilizantes inorgánicos causó que durante varios años disminuyera el uso de los abonos orgánicos. Sin embargo, recientemente han vuelto a tomar importancia, sobre todo para el mejoramiento de las características fisicoquímicas de los suelos, el incremento en la eficiencia del uso del agua, así como para la producción de aguacate sin fertilización inorgánica.

Las principales características positivas de los abonos orgánicos son:

1. Mejoran la estructura del suelo cuando son aplicados en cantidad suficiente.
2. Son fertilizantes de liberación lenta.
3. Algunos son una razonable fuente de N, P y K y elementos menores y bien manejados ayudan a reducir la contaminación de mantos acuíferos.
4. Incrementan la capacidad del suelo para almacenar nutrientes (Capacidad de intercambio catiónico).
5. Ayudan a conservar el agua del suelo.
6. Reducen las fluctuaciones diarias en la temperatura del suelo.
7. Algunos tipos, como la alfalfa o el estiércol vacuno, pueden ser útiles para controlar patógenos del suelo, como la enfermedad "tristeza del aguacate".

Entre sus principales desventajas están las siguientes:

1. Bajo contenido de nutrientes por unidad de peso o volumen. Costo elevado de transporte y aplicación. Pueden contener altas concentraciones de iones como  $\text{Cl}^-$  y  $\text{Na}^+$ .
-

- 
2. Algunas fuentes son muy bajas en N, entonces cuando los microorganismos del suelo aprovechan ese N de la materia orgánica, los árboles pueden sufrir deficiencia temporal de N.
  3. En ocasiones el N, P y otros nutrientes no se liberan tan rápidamente como lo requiere por el árbol.
  4. Si no es incorporado al suelo puede perderse hasta el 50% del N como gas amoniacado ( $\text{NH}_3$ ).
  5. Algunos no son tan buena fuente de micronutrientes como se cree.
  6. El uso continuo puede causar la acumulación de iones específicos. Por ejemplo, el exceso de P aportado por algunos estiércoles puede causar deficiencia de Zn.
  7. Si el abono no ha sido compostado adecuadamente puede introducir semillas viables de maleza al huerto.

En aguacate pueden utilizarse diferentes tipos de abonos orgánicos y su elección puede estar determinada por la disponibilidad local, el precio y la facilidad de transporte y aplicación. Las malezas indeseables o pasto que crecen entre los árboles se pueden podar los residuos frescos dejarse dispersos sobre el suelo (**Figura 5A**) o recogerse (**Figura 5B**) y depositarse entre las hileras o al pie de los árboles. También pueden ser utilizados para hacer composta y aplicarse como mulch. A mediano plazo, esta práctica mejora la calidad del suelo. Sin embargo, en regiones de clima frío puede actuar como aislante y favorecer que la temperatura del suelo descienda más de lo deseado.

---



**Figura 5.** (A) Los desechos de malezas pueden dejarse sobre el suelo o, (B) recogerse u usarse para hacer composta, junto con otros materiales orgánicos. Fotografías del autor.



**Figura 6.** La viruta de madera es una buena opción para conservar la humedad del suelo y evitar el calentamiento del mismo. Esto es muy importante en huertos jóvenes que carecen de agua para riego o bien ésta es escasa y cara. Fotografía del autor.

Los desechos de aserradero sin compostar, como el aserrín, viruta y corteza tienen una alta relación C/N que puede requerir de una gran cantidad de nitrógeno adicional si son incorporados al suelo. Sin embargo, estos subproductos son excelentes como cubiertas, para mantener la humedad del suelo, sobre todo en árboles jóvenes durante la época de sequía (**Figura 6**). Otros materiales similares como la cascarilla de café y caña de azúcar pueden ser usados con el mismo fin.

Las pajas de gramíneas, como trigo y maíz, o leguminosas también pueden usarse con toda seguridad como cubiertas o incorporadas al suelo de los huertos. La paja de alfalfa es cara y sólo es utilizada como parte del programa de control de la enfermedad denominada tristeza del aguacate (**Figura 7**).

Los abonos orgánicos compostados y mulches procedentes de residuos vegetales son muy utilizados en diversas partes del mundo en donde se dispone de infraestructura y políticas gubernamentales para el reciclamiento de residuos vegetales de parques y jardines, así como residuos orgánicos de las zonas urbanas. Existen actualmente



**Figura 7.** *La paja de alfalfa, sola o combinada con estiércol, ha sido evaluada en las regiones productoras de Puebla y Michoacán como tratamiento para controlar la tristeza de aguacate. Fotografía del autor.*

diversos proyectos de investigación en aguacate que tratan de optimizar el uso de estos productos en lugares como Florida, California y Australia, entre otros.

A nivel de huerto, la madera de poda (**Figuras 8A y 8B**) es un excelente material para ser reciclado en forma de mulch. Lo primero que es necesario hacer para acelerar el proceso de descomposición es picar la madera lo más fino posible (**Figura 8C**), apilarla en surcos de 2 a 3 m de alto, humedecerla y voltearla dos veces a intervalos quincenales. Si no se dispone de agua, es posible hacerla durante la temporada de lluvias. A los 45 días el mulch estará listo para ser aplicado sobre el suelo de los árboles. Las cantidades varían según el tamaño de los árboles pero puede agregarse mulch hasta lograr una capa de 8-10 cm de espesor. En algunos lugares mezclan suelo o estiércol junto con el material

vegetal triturado para acelerar el proceso de descomposición de los residuos vegetales, especialmente si son muy ricos en celulosa. Gregoriou y Kumar (1984) encontraron un mayor crecimiento vegetativo de plantas jóvenes de aguacate Pollock cuando les fue aplicada una capa de mulch de 8 cm de espesor, El mulch también redujo el crecimiento de maleza y las fluctuaciones diarias de temperatura, conservó la humedad del suelo, mejoró las propiedades físicas del suelo (densidad aparente, porosidad, velocidad de infiltración) y promovió un vigoroso enraizamiento en el suelo bajo el mulch.

En México, los abonos orgánicos más empleados son el estiércol vacuno (**Figura 9**) y el de gallina (**Figura 10**), este último comúnmente denominado gallinaza. La cantidad de nutrimentos aportados por el estiércol debe ser considerada para procurar un balanceado suministro de nutrimentos a los árboles. También, ayudará a prevenir la aplicación excesiva de iones tóxicos para el aguacate, como  $\text{Cl}^-$  y  $\text{Na}^+$ .

La composición nutrimental del estiércol varía no sólo en el tipo, sino también de acuerdo con la dieta alimenticia del animal y el grado de descomposición del estiércol. El análisis químico de estiércoles indica que con excepción de K, Mn y Cu, la gallinaza tiene un mayor contenido de nutrimentos que el estiércol vacuno (**Tabla 30**). Lo anterior es favorable para la nutrición del árbol. Sin embargo, la gallinaza tiene un contenido de sales y bicarbonatos hasta ocho veces mayor que el estiércol vacuno. Esto podría convertirse en un problema para el aguacate.

---



**Figura 8.** *Una práctica benéfica para la fertilidad de los suelos y la nutrición de los huertos de aguacate es agregar al suelo la madera producto de las podas severas (A) o de fructificación (B). En algunos lugares existe disponibilidad de maquinaria (C) que tritura troncos y ramas rápidamente, dejándoles listos para preparar mulches. Fotografías del autor.*

Dada la sensibilidad del aguacate a los excesos de  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  la aplicación de gallinaza debe manejarse con suma precaución. Esto se debe a que la gallinaza contiene casi 15 veces más  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  que el estiércol vacuno. Estas sales son especialmente dañinas cuando la gallinaza es aplicada durante la temporada de sequía y peor aún, si no se dispone de riego. Si la gallinaza aplicada no es incorporada al suelo el problema puede agudizarse ya que las raíces tienden a crecer dentro de ella, exponiéndose a cantidades elevadas de sales.

Dependiendo de las características físicas y químicas del suelo, la aplicación individual a un árbol adulto de aguacate puede ser de 25 a 50 kg de estiércol, en forma anual o bianual.

Con el tipo de gallinaza compostada usada en Nayarit, la incorporación de 50 kg (con 20% humedad) por árbol (**Tabla 30**) aportarían al suelo 30 g de N como nitrato, 37.2 g de P y 16 g de K. Estas cantidades de nutrimentos están muy lejos de ser suficientes para producir una cosecha redituable de aguacate.

**Tabla 30. Composición nutrimental de dos tipos de estiércol animal comúnmente usados para abonar los huertos de aguacate en Nayarit, México.**

Características	Gallinaza	Estiércol vacuno
pH	7	6.9
CE	28	3.3
CIC (meq/100 g)	74	41.4
N.T. (%)	3.5	1.6
M.O.(%)	78	71.8
Cenizas (%)	22	28.2
mg/kg de estiércol seco		
N-NO <sub>3</sub>	0.76	0.4
P	929.2	596.4
K	398	1,240
Ca	837.8	234.2
Mg	213.8	332
Na	1.800	120.8
Cl	3172	214
SO <sub>4</sub>	3140	44
HCO <sub>3</sub>	19,122	2,574
Fe	23.6	6.6
Cu	0.22	0.4
Mn	2.48	4.0
Zn	2.7	0.7
B	12.94	0.6

*Nota: el estiércol comportado contiene aproximadamente 15-20% de humedad. Los contenidos pueden variar según la alimentación de los animales y el estado de descomposición de la materia orgánica.*

sodio (Na<sup>+</sup>) y se puede lavar (drenar) con agua de buena calidad. En regiones y épocas del año lluviosas y cálidas, la materia orgánica se descompone más rápidamente por lo que hay que hacer análisis químicos del suelo cada dos años para prevenir y/o detectar oportunamente cualquier desbalance nutrimental.

Se ha documentado que una gran parte de los nutrimentos que contiene el estiércol no estarán disponibles para la planta inmediatamente después de su aplicación al suelo. De ahí la respuesta a las aplicaciones de estiércol, que por lo general, son observadas después de dos o tres años. En huertos en los que cambian las fuentes de fertilización inorgánica a orgánica debe de considerarse este aspecto para evitar deficiencias agudas de nutrimentos al suspender la aplicación de fertilizantes inorgánicos. La adición de materia orgánica (animal o vegetal) no sólo afecta la nutrición del árbol sino la composición nutrimental, crecimiento y desarrollo de la raíces del aguacate.

Considerando los requerimientos de K para que 156 árboles/ha produzcan una cosecha de 30 ton de aguacate Hass (78.16 kg) sería necesario aplicar 1,566 kg de gallinaza por árbol por año. De aquí la importancia de incluir aplicaciones adicionales de nutrientes a los huertos abonados únicamente con estiércoles.

Si el estiércol es incorporado en todo el suelo del huerto, pueden hacerse aplicaciones anuales de 5 a 10 ton/ha. El pH del suelo debe ser observado anualmente y aplicar la enmienda necesaria, cal agrícola (carbonato de calcio) o yeso agrícola (sulfato de calcio) dependiendo del pH del suelo.

Si el suelo es ácido, el estiércol fresco bajará aun más el pH, por lo cual la cal será una buena enmienda. El yeso agrícola (que no altera el pH del suelo) puede utilizarse si el estiércol contiene altos niveles de

---

La investigación realizada por Yépez-Torres (1986) demostró que árboles de aguacate “Fuerte” tratados con estiércol vacuno o paja de alfalfa durante tres años incrementaron la producción total de raíces (**Tabla 31**), así como la composición nutrimental de éstas.

Cuando se hacen aplicaciones de estiércol, su incorporación es importante, sobre todo para evitar la pérdida del N por volatilización. En un huerto de aguacate que se aplicaron cantidades iguales de N como estiércol vacuno o como nitrato de amonio, no hubo diferencias en el suministro de N al árbol, sin embargo, cuando el estiércol fue dejado sin incorporar en la parte superficial del suelo, no fue suficiente. Presumiblemente, el N se volatilizó durante la descomposición del estiércol en la superficie del suelo (Embleton y Jones, 1956).



**Figura 9.** *Aplicación de estiércol vacuno comportado a árboles de aguacate de Puebla. La cantidad relativamente excesiva de estiércol que se aprecia en la fotografía es debido a que estos árboles recibieron el programa de recuperación contra la tristeza del aguacate (P. cinnamomi). Fotografía del autor.*



**Figura 10.** (A) *Proceso de aplicación de gallinaza a árboles adultos de aguacate Hass en Nayarit.* (B) *Dados los bajos requerimientos nutrimentales de los árboles jóvenes de aguacate, la adición de estiércol, gallinaza en este caso, puede ayudar al desarrollo inicial de los árboles.* Fotografía del autor.

**Tabla 31. Producción de raíces en árboles adultos de aguacate Fuerte sobre portainjertos criollo de raza mexicana, cultivados en suelo migajón arenoso (66% arena) y tratados durante tres años contra la tristeza del aguacate (*P. Cinnamomi*). Datos adaptados de Yépez-Torres (1986).**

Tratamiento	Diámetro de raíces (mm)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Estiércol vacuno	< 5	1,414	309
	> 5	4,144	1,724
Paja de alfalfa	< 5	1,121	330
	> 5	3,425	1,372
Estiércol + alfalfa	< 5	2,071	430
	> 5	3,203	1,206
Fungicida Metalaxy1	< 5	1,062	319
	> 5	3,792	1,516
Testigo	< 5	752	233
	> 5	2,396	1,044

## Bibliografía

- Aguilera-Montañez, J.L. Y S. Salazar-García. 1996. Efecto del nitrógeno, fósforo y potasio en el rendimiento y tamaño del fruto de aguacate. Folleto Técnico No. 12. INIFAP-Campo Experimental Uruapan. 24 p.
- Albano, J.P, WB. Miller, and M.C. Halbrooks. 1996. Iron toxicity stress causes bronze speckle, a specific physiological disorder of Marigold (*Tagetes erecta* L.). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121:430-437.
- Bienfait, H.F., R.J. Bino, AM. Van der Bliet, J.F. Duivenvoorden, and J.M. Fontain. 1983. Characterization of ferric reducing activity in roots of Fe deficient (*Phaseolus vulgaris*). Physiol. Plant 59:196-202.
- Bingham, F.T., Beutel, J.A. 1957. Iron chlorosis and chelate studies in avocado orchards. California Avocado Soc. Yrbk. 41:133-135.
- Casado, M., J.M. Farre, S. Jaime y J.M. Hermoso. 1984. Nutrición P-K en aguacate. Observaciones de los primeros 9 años. Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, Serie Agrícola 26:47-66.
- Cheesman, J.M. and J.B. Hanson. 1979. Energy-linked potassium influx as related to cell potential in corn roots. Plant Physiol. 64:842-845.
- Coetzer, L.A., P.J. Robbertse, and B.P.H. Janse Van Vuuren. 1993. The role of boron in avocados. Theory, practice, and reality. South African Avocado Growers' Assn. Yrbk. 16:2-4.

- 
- Dirou, J. and D. Huett. 2001. Crop nutrient replacement for avocado. Talking avocados 12:25-27.
- Embleton, TW. and W.W. Jones. 1956. Manure as a source of nitrogen. Calif. Agric. 10(1): 14-15.
- Embleton, TW. and W.W. Jones. 1964. Avocado nutrition in California. Proc. Florida State Hort. Soc. 77:401-405.
- Embleton, TW. and W.W. Jones. 1966. Avocado and mango nutrition. pp. 51-76. In: Childers, N.F. (ed.). Temperate to Tropical Fruit Nutrition. Horticultural Publications. Rutgers State University. New Brunswick, N. J.
- Embleton, TW. and W.W. Jones. 1971-72. Development of nitrogen fertilizer programs for California avocados. Calif. Avocado Soc. Yrbk. 55:90-96
- Embleton, TW., Reitz, and W.W. Jones. 1973. Citrus fertilization. pp. 123-182. In: Reuther, W. (ed). The Citrus Industry, Vol. III, Production Technology, Division of Agricultural Sciences, Univ. of California, Berkeley.
- Embleton, TW., W.W. Jones, M.J. Garber, and S.B. Boswell. 1968. Nitrogen fertilization of the Hass avocado. Calif. Avocado Soc. Yrbk. 52:131-134.
- Gregoriou, C., M. Papademetriou, and L. Cristofides. 1983. Use of chelates for correcting iron chlorosis in avocados growing in calcareous soils in Cyprus. Calif. Avocado Soc. Yrbk. 67:115-122
- Gregoriou, C and D.R. Kumar. 1984. Effects of irrigation and mulching on shoot and root growth of avocado (*Persea americana* Mill.) and mango (*Mangifera indica* L.). J. Hort. Sci. 59:109-117.
- Harkness, R.W. and F.B. Lincoln. 1953. Avocado culture studies. Florida Agr. Exp. Sta. Ann. Rep. p. 314.
- Jaganath, I. and C.J. Lovatt. 1998. Efficacy studies on prebloom canopy applications of boron and/or urea to 'Hass' avocados in California. Proc. World Avocado Congr. III. Tel Aviv, Israel. Oct. 22-27,1995. pp. 181-184.
- Kadman, A. 1962. Soil treatments with iron chelates to cure chlorotic avocado trees in Israel. Calif. Avocado Soc. Yrbk. 46:73-75.
- Kadman, A. and Cohen, A. 1977. Experiments with zinc applications to avocado trees. Calif. Avocado Soc. Yrbk. 61:81-85.
- Kadman, A. and Cohen. 1973-74. A rapid method for curing chlorotic trees. Calif. Avocado Soc. Yrbk. 57:159-165.
- Kadman, A. and E. Lahav. 1982. Experiments to correct iron deficiency in avocado trees. J. Plant Nutr. 5:961-966.
-

- 
- Kadman, A. and S. Gazit. 1984. The problem of iron deficiency in mango trees and experiments to cure it in Israel. *J. Plant Nutr.* 7:283-290.
- Leonard, CD. and I. Stewart. 1952. Correction of iron chlorosis in citrus with chelated iron. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 65:20-24.
- López-Jiménez, A 1985. Evaluación fisiológico nutrimental de tres razas de aguacate en suelos con diferentes niveles de  $\text{CaCO}_3$ . Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.
- Lovatt, C.J. 1998a. Management of foliar fertilization. First National Symposium on Crop Nutrition, September 21-23, 1998, Querétaro, México.
- Lovatt, C.J. 1998b. Nitrogen nutrition of the “hass” avocado: where does all the nitrogen go? *Proc. World Avocado Congr. III.* Tel Aviv, Israel, October 22-27, 1995. pp. 152-159.
- Lovatt, C.J. 2001 a. Nitrogen fertilization of the 'Hass' avocado in California. *AvoResearch.* 1 (3):1-4, 16.
- Lovatt, C.J. 2001 b. Properly timed soil-applied nitrogen fertilizer increases yield and fruit size of 'Hass' avocado. *J. Amer. Soco Hort. Sci.* 126(5):555-559.
- Meyer, J.L., M.L. Arpaia, M.V. Yates, E. Takeke, G. Bender, and G. Witney. 1991a. Irrigation and fertilization management of avocados. *Calif. Avocado Soco Ann. Meeting.* Ventura, Calif. Sep. 27.
- Meyer, J.L., M.L. Arpaia, M.V. Yates, E. Takeke, G. Bender, and G. Witney. 1991b. Irrigation and fertilization management of avocados: research findings. *Calif. Avocado Soco Yrbk.* 74:71-83.
- Miyasaka, S.C., T.G. McDonald, D.T. Matyusama, E.A. Graser, and I.S. Campbell. 1992. Boron fertilization of “Sharwill” avocados in Kona, Hawaii. pp. 343-348. In: Lovatt, C.J. (ed.). *Proc. Second World Avocado Congr.* Orange, Calif. USA. April 21-26, 1991.
- Navarro Ainsa, J.A.C. 1988. Efecto de las inyecciones de potasio al tronco en la nutrición y desarrollo de árboles de aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. Fuerte. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de edafología, Colegio de Postgraduados. Montecillo. Méx.
- Nevin, J.M., C.J. Lovatt, and TW. Embleton. 1990. Problems with urea-N foliar fertilization of avocado. *Acta Hort.* 2:535-541.
- Oppenheimer, Ch., A. Kadman, A. Ben-Ya'acov, E. Lahav, R. Spodheim, and H. Lippman. 1969. Nutrition. Division of Subtropical Horticulture. Volcani Inst. Agric. Res. Rep. 1960-1969.
- PPI/PPIC, 1997. Manual Internacional de Fertilidad de Suelos. Edición en Español. Potash & Phosphate Institute, Potash & Phosphate Institute of Canada. Norcross, Georgia, U.S.A. Cap. 4:5-6.
-

- 
- Robbertse, P.J., L.A. Coetzer, and F. Bessinger. 1992. Boron: uptake by avocado leaves and influence on fruit production. pp. 173-178. In: Lovatt, C.J. (ed.). Proc. Second World Avocado Congr. Orange, Calif. USA. April 21-26, 1991.
- Robbertse, P.J., L.A. Coetzer, M. Slabbert, and J.J. Bezuidenhout. 1990. The influence of boron on fruit set in avocado. *Acta Hort.* 275:587-594.
- Salazar-García, S. and C.J. Lovatt. 1998. GA<sub>3</sub> application alters flowering phenology of the 'Hass' avocado. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 123:791-797.
- Salazar-García, S. y I. Lazcano-Ferrat. 1999. Diagnóstico nutrimental del aguacate 'Hass' bajo condiciones de temporal. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5 (número especial):173-184.
- Sanchez-Andreu, J., J. Jorda, and M. Juarez. 1991. Reactions of FeEDTA and FeEDDHA applied to calcareous soils. pp. 57-62. In: Chen, Y. and Y. Hadar (eds.). Iron nutrition and interactions in plants. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands.
- Shear, C.B. 1975. Calcium-related disorders of fruit and vegetables. *HortScience* 10:361-365.
- Smith, T.E., P.E. Hoffman, R.A. Stephenson, C.J. Asher, and S.E. Hetherington. 1997. Improving boron nutrition improves "Hass" avocado fruit size and quality. Australian and New Zealand Avocado Conference 97, "Searching for Quality". Australian Avocado Grower's Federation Inc. and New Zealand Avocado Growers Assn. Inc., Rotorua, New Zealand. September 23-26. Proceedings p. 131-137.
- Solis-Fraire, J.J., A.F. Barrientos-Pérez, C.A Pérez-Mercado, M. Rubí-Arriaga, M.T Martínez Damián y J.C. Reyes-Alemán. 1998. Aplicaciones foliares de nitrato de calcio, su efecto en el contenido nutrimental de hoja y mesocarpio en aguacatero (*Persea americana Mili.*) cv. Hass. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 4:113-117.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 1991. *Plant Physiology*. The Benjamin/Cummings Publ. Co., Inc. Redwood City, Calif., USA 565 p.
- Tisdale, S.L., W.L. Nelson, J.D. Beaton, and J.L. Havlin. 1993. *Soil Fertility and Fertilizers*. Fifth edition. In. MacMillan Publishing Company, New York. 304-363 pp.
- Tracy, J.E. 1985. A preliminary report on phosphorus deficiency of Hass avocado. *Calif. AvocadoSoc. Yrbk.* 69:145-154.
- U.C. 1978. Avocado fertilization. Div. Agric. Sci., Univ. of California. Leaflet 2024. Revised May 1978.
- Wallace, A 1962. Metal chelation and mechanisms of metal function in biological systems. pp. 3-14. In: A Wallace (ed.), A decade of synthetic chelating agents in inorganic plant nutrition. Edwards Brothers, In. Ann Arbor, Michigan, USA.
- Wallace, A 1991. Rational approaches to control of iron deficiency other than plant breeding and choice of resistant cultivars. pp. 323-330 In: Chen, Y. and Y. Hadar (eds.),
-

---

Iron nutrition and interaction in plants. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands.

Wallace, A and A.A Bedri. 1958. Iron and zinc foliar sprays. Calif. Agr. 12:8.

Wallace, A and O.R. Lunt. 1960. Iron chlorosis in horticultural plants, a review. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 75:819-841.

Winer, L., B. Reuveni, Y. Bar, J.H. Haas, and A Zveibil. 1998. Influence of autumn fertilization with nitrogen and phosphorous on root activity and development in avocado. Proc.'World Avocado Congr. 111. Tel Aviv, Israel. Oct. 22-27,1995. pp. 172-180.

Yepez-Torres, J.E. 1986. Distribución radical y estado nutrimental de la raíz del aguacate cv. Fuerte en respuesta a diferentes tratamientos contra *Phytophthora cinnamomi* Rands. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 86 p.

Zilberstaine M., A. Eshel, and Y Waisel. 1992. Potassium uptake by avocado roots.pp. 173-178. In: Lovatt, C.J. (ed). (ed.). Proc. Second World Avocado Congr. Orange, Calif. USA. April 21-26, 1991.

---

## Anexos

*Anexo 1. Saturación equilibrada de potasio, magnesio y calcio. Los valores indican las partes por millón (ppm) deseadas de los diversos cationes en un complejo de intercambio balanceado del suelo. Para convertir ppm a kg/ha, multiplique por dos. Tomado de: Manual de agronomía, Laboratorios A & L de México, S.A. de C.V., Guadalajara, Jalisco, México.*

C.I.C. meq/100g	POTASIO		MAGNESIO	CALCIO
	Alto 2.5-7% saturación base	Normal 2-5% saturación base	10-15% saturación base	65-75% saturación base
50	488	390	600	6500
49	478	382	588	6370
48	468	375	576	6240
47	458	367	564	6110
46	449	359	552	5980
45	439	351	540	5850
44	433	349	528	5720
43	426	347	516	5590
42	419	344	504	5460
41	413	341	492	5330
40	406	338	480	5200
39	401	335	468	5070
38	397	331	456	4940
37	393	327	444	4810
36	388	323	432	4680
35	382	319	420	4450
34	377	314	408	4420
33	371	309	396	4290
32	364	304	384	4160
31	358	298	372	4030
30	351	292	360	3900
29	345	284	348	3770
28	339	274	336	3640
27	332	264	324	3510
26	325	254	312	3380
25	317	244	300	3250
24	309	234	288	3120
23	300	224	275	2990
22	292	215	264	2860
21	282	205	252	2730
20	275	195	240	2600
19	270	192	236	2470
18	267	187	230	2340
17	262	182	225	2210
16	256	176	218	2080
15	248	170	210	1950
14	240	164	202	1820
13	231	158	193	1690
12	220	152	183	1560
11	208	147	172	1430
10	195	141	160	1300
9	187	135	148	1170
8	177	129	135	1040
7	164	123	121	910
6	148	117	106	708
5	130	108	90	650
4	110	85	75	520

Esta tabla debe ser usada estrictamente como una guía. Se puede obtener excelentes rendimientos con valores diferentes a los sugeridos.

**Anexo 2. Tabla de conversión de las concentraciones de nutrientes en diferentes compuestos.**

<b>De</b>	<b>A</b>	<b>Factor</b>
NO <sub>3</sub>	N	0.226
NH <sub>3</sub>	N	0.82
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	N	0.212
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	N	0.35
N	NO <sub>3</sub>	4.427
N	NH <sub>3</sub>	1.216
N	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4.716
N	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	2.857
K <sub>2</sub> O	K	0.830
K	K <sub>2</sub> O	1.205
KCl	K <sub>2</sub> O	0.632
K <sub>2</sub> O	KCl	1.580
CaO	Ca	0.715
Ca	CaO	1.399
CaCO <sub>3</sub>	CaO	0.560
CaO	CaCO <sub>3</sub>	1.78
MgO	Mg	0.603
Mg	MgO	1.658
MgO	MgSO <sub>3</sub>	2.986
MgO	MgSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O	3.432
MgO	MgCO <sub>3</sub>	2.091
MgSO <sub>4</sub>	MgO	0.335
MgSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O	MgO	0.290
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	MgO	0.16
MgCO <sub>3</sub>	MgO	0.478
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	P	0.436
P	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.291
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.458
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	2.182
SO <sub>2</sub>	S	0.5
SO <sub>3</sub>	S	0.4
SO <sub>4</sub>	S	0.333
MgSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O	S	0.23
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	S	0.13
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	S	0.25
S	SO <sub>2</sub>	1.997
S	SO <sub>3</sub>	2.496
S	SO <sub>4</sub>	2.995
S	MgSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O	4.310
S	MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	7.680
S	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3.995

Ejemplo:

Un kg de KCl químicamente puro contiene  $1 \times 0.632 = 0.6332$  kg de K<sub>2</sub>O, ó  $0.632 \times 0.830 = 0.525$  kg de K.