

ESTÁNDARES NUTRIMENTALES PARA AGUACATERO 'HASS'

**R. Maldonado-Torres¹; M. E. Álvarez-Sánchez¹;
G. Almaguer-Vargas²; A. F. Barrientos-Priego²;
R. García-Mateos²**

¹Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo,
Km. 38.5 Carretera México-Tezcoco.
Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.
Correo-e: ranferimt@yahoo.com.mx (¹Autor responsable).
²Instituto de Horticultura. Departamento de Fitotecnia.
Universidad Autónoma Chapingo,
Km 38.5 Carretera México-Tezcoco.
Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.

RESUMEN

La Sierra Purépecha en Michoacán, México, es considerada la región productora de aguacate más importante del mundo, donde existen factores restrictivos de la producción que no han sido apropiadamente identificados y que requieren ser investigados para proponer mejores alternativas de manejo del cultivo que conduzcan a altos rendimientos y óptima calidad de fruto. En esta investigación se evaluó la fertilidad de los suelos en los huertos de aguacate y se determinó el estado nutrimental del cultivo mediante análisis foliares y aplicando el procedimiento de índices de balance Kenworthy. Se colectaron muestras de suelo y foliares en huertos de aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. Hass en una superficie de 35,000 ha de la región. El diagnóstico de la fertilidad de los suelos indicó pH fuertemente ácido, bajos a muy bajos niveles de materia orgánica, P, Mn y N inorgánico, altas a muy altas concentraciones de Cu, Fe, K, Ca, B y Zn, y niveles medios de Mg. Los intervalos de concentración foliar generados para el cultivo de aguacate en la región Purépecha, presentaron diferencias respecto a valores establecidos por otros investigadores, para regiones productoras de otros países. Los índices de balance Kenworthy estimados permitieron determinar que en términos generales, el Zn, Mn y Cu, mostraron niveles deficientes y abajo del normal, el B en exceso y el K, N, Mg y P en concentración normal.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: *Persea americana* Mill., diagnóstico nutrimental, análisis foliar, índices de balance Kenworthy.

NUTRIMENTAL STANDARDS FOR 'HASS' AVOCADO

ABSTRACT

The Purepecha Sierra in Michoacan is considered the most important avocado producing region in the world. Factors restricting production have not been properly identified. They require undergoing research to propose better crop management alternatives conducive to high yields and optimal fruit quality. In this study we evaluated soil fertility in avocado orchards and determined the nutrimental state of the crop through foliar analysis applying Kenworthy's balance indexes procedure. We collected soil and foliar samples from avocado (*Persea americana* Mill.) cv. Hass orchards within an area of 35,000 ha in the region. Soil fertility diagnosis indicated strong acid pH, low to very low levels of organic matter, P, Mn, and inorganic N; high to very high concentrations of Cu, Fe, K, Ca, B and Zn; and intermediate levels of Mg. Foliar concentration intervals generated for avocado in the Purepecha region showed differences from values determined by other researchers for different avocado producing regions from other countries. Estimated Kenworthy's balance indexes helped to determine, in general terms, that: Zn, Mn, and Cu were present at deficient levels below normal, B was present in excess, and K, N, Mg and P in normal concentrations.

ADDITIONAL KEY WORDS: *Persea americana* Mill., nutrimental diagnosis, foliar analysis, Kenworthy indexes.

INTRODUCCIÓN

El rendimiento promedio de aguacate (*Persea americana* Mill.) en la Sierra Purépecha en Michoacán, México, es de $9.94 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, pero existen productores que han obtenido hasta $20 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Téliz, 2000; Sánchez *et al.*, 2001). Esta diferencia entre el rendimiento promedio y los máximos registrados, indican la existencia de factores restrictivos de la producción que no se han identificado apropiadamente y que requieren ser investigados para proponer mejores alternativas de nutrición mineral del cultivo, que conduzcan a la obtención de altos rendimientos y óptima calidad de fruto (Maldonado, 2002). Aun cuando México es el primer productor mundial de aguacate, en esta región del país son escasos los estudios sobre la fertilidad de los suelos, el estado nutrimental de los árboles, los niveles de extracción de nutrimentos del fruto para definir el mejor método de fertilización para una óptima nutrición y producción. Hasta ahora, el bajo rendimiento y escasa calidad del fruto de aguacate, se ha asociado al pH ácido (5.4 a 6.4) de los suelos de ando, alta (> 6 %) concentración de materia orgánica no descompuesta y alto nivel de aluminio activo que disminuye la disponibilidad de nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio, zinc y boro, promoviendo signos visibles de deficiencia en los árboles (Laird, 1984; Aguilera y Salazar, 1998).

El objetivo del estudio fue determinar la fertilidad de los suelos, estimar los niveles de extracción por la cosecha, establecer intervalos de concentración e índices foliares de balance Kenworthy para evaluar el estado nutrimental regional de los árboles de aguacate, con el fin de mejorar la nutrición, el rendimiento y calidad del fruto.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en la Sierra Purépecha en Michoacán, México, localizada entre los $19^{\circ} 15'$ y $19^{\circ} 50'$ de latitud norte y los meridianos $101^{\circ} 30'$ y $102^{\circ} 25'$ de longitud oeste de Greenwich. Se obtuvieron muestras de suelo y foliares en 130 huertos de aguacate 'Hass', de una superficie de 35,000 ha. Previo al muestreo, se definieron áreas homogéneas en cuanto a tipo de suelo, edad de cultivo, rendimiento y manejo. En cada unidad de muestreo se registró el rendimiento de fruta en $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ y se seleccionaron al azar 25 árboles para colectar la muestra foliar y de suelo. La muestra de suelo se obtuvo de la zona de mayor desarrollo radical misma que se encontraba por debajo de la copa y a una profundidad de 0-30 cm. El suelo colectado fue secado, molido y determinado el pH, materia orgánica, N inorgánico, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, B, capacidad de intercambio catiónico y densidad aparente, mediante los métodos descritos en la Norma Oficial Mexicana para el Análisis de Fertilidad, Salinidad y Clasificación de Suelos (Anónimo, 2000). Los resultados obtenidos fueron clasificados mediante valores de referencia (Castellanos *et al.*, 2000; Anónimo, 2000).

La muestra foliar se colectó entre abril, mayo y junio, correspondiente a hojas (lámina foliar y pecíolo) completamente desarrolladas, maduras pero no senescentes, de brotes terminales sin fructificar provenientes del flujo de primavera, sanas (sin daños físicos, químicos ni afectadas por plagas o enfermedades), de 5 a 7 meses de edad y orientadas en los cuatro puntos cardinales (Maldonado, 2002). Se colocaron en bolsas de papel perforadas y se introdujeron en hielera portátil para su conservación, previo a su preparación y análisis. En el laboratorio, las muestras se lavaron con agua destilada, se secaron a 70°C durante 48 horas en estufa con circulación de aire forzado y posteriormente se molieron en molino de acero inoxidable hasta pasar por malla 20 (Etchevers, 1988). La digestión del material se realizó mediante una mezcla diácida ($\text{HNO}_3\cdot\text{HClO}_4 = 4:2 \text{ ml}$). La concentración de P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu y B se determinó por espectrofotometría de absorción atómica modelo Avanta de GBC en el digerido. El N se digirió con mezcla ácida (H_2SO_4 y $\text{C}_{15}\text{H}_{15}\text{N}_3\text{O}_2$) y se evaluó mediante destilación por arrastre de vapor adaptado para análisis de plantas y modificado con ácido salicílico para incluir nitratos (Bremner y Mulvaney, 1982).

Con base en el valor de rendimiento se separó la población de huertos con una producción promedio de $20 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Las concentraciones nutrimentales promedio asociadas a esa población se utilizaron para obtener los intervalos de concentración, mediante el valor promedio de huertos de alto rendimiento y dos veces la desviación estándar (Leece, 1975) y determinar los índices de balance (Kenworthy, 1961). Con este último método se realizó el diagnóstico nutrimental de la región de estudio. Los frutos utilizados para establecer los niveles de extracción fueron obtenidos de árboles con aspecto sano y vigoroso, de huertas cuyo rendimiento promedio fue superior a $20 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ y establecidos a una densidad de $100 \text{ árboles}\cdot\text{ha}^{-1}$. Se colectó 1 kg de fruto por huerta, para un total de nueve muestras. Los frutos completos se lavaron con agua destilada, cortados en trozos de $2 \times 1 \text{ cm}$ incluyendo el hueso, secados a 70°C y posteriormente procesados y analizados de manera similar a las muestras foliares. Con las concentraciones nutrimentales promedio de los frutos se determinaron los niveles de extracción de la cosecha.

Los resultados del análisis de la fertilidad de suelos y tejido foliar fueron clasificados como poblaciones de alto y bajo rendimiento, mediante prueba de medias. Para el manejo estadístico de los resultados se utilizaron los programas Statistic Analysis System y Microsoft Office Excel.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diagnóstico nutrimental de suelos

Los resultados de los análisis de suelos clasificados en categorías se muestran en el Cuadro 1. En cuanto a

CUADRO 1. Porcentaje de huertos de aguacate cv. Hass, clasificados por categoría de acuerdo a los niveles de materia orgánica, nutrimentos y CIC de los suelos estudiados.

Elemento	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Materia Orgánica	49	32	18	1	0
N-inorgánico	42	0	31	23	4
Fósforo	10	45	8	8	28
Potasio	0	0	4	38	58
Calcio	0	10	13	13	65
Magnesio	3	8	49	14	25
Hierro	1	3	0	6	90
Manganeso	24	27	11	1	37
Zinc	1	14	15	17	52
Cobre	0	0	1	0	99
Boro	6	15	6	6	67
CIC	0	4	31	65	0

Orden de Requerimiento Nutricional

Bajo a Muy Bajo	Medio	Alto a Muy Alto
MO>P>>Mn>N-inorg 81 55 51 42	Mg 49	Cu>Fe>K>Ca>B>Zn 99 96 96 78 73 69

materia orgánica, en el 49 % de los suelos de los huertos, el nivel fue muy bajo y en 32 % bajo, debido posiblemente a la aplicación de fertilizantes nitrogenados y mejoradores alcalinos (dolomita) que favorecen la mineralización del componente orgánico (Aguilera y Salazar, 1998). También presentaron concentraciones de bajo a muy bajo en N-inorgánico, P y Mn, en 42, 45 y 51 % de los suelos, respectivamente (Ankerman, 1982; Castellanos *et al.*, 2000; Anónimo, 2000).

El bajo nivel de P determinado en estos suelos, puede estar asociado al efecto fijador del alofano, que en ocasiones ha llegado a retener hasta 2000 mg·kg⁻¹, representando el 99 % del P total presente en el suelo (Laird, 1984). Aunque el P también puede ser retenido u ocluido por el Al, Fe y Mn

(Black, 1993), originando que con elevadas aplicaciones de P se promuevan muy bajos niveles de Mn.

Por otra parte, se encontraron niveles altos a muy altos de Cu, Fe, K, Ca, B y Zn (Ankerman, 1982; Castellanos *et al.*, 2000; Anónimo, 2000) en 99, 96, 96, 78, 73 y 69 % de los lotes, respectivamente. La concentración de Mg en la mayoría de los suelos fue adecuada en 49 %. En cambio, Cu y Fe resultaron ser altos a muy altos, en 99 y 96 % de los suelos, respectivamente. Las altas concentraciones de Cu y Fe pueden ser debidas al pH ácido de los suelos y por las altas aplicaciones de Cu, suministrado como CuSO₄ para el control de enfermedades fungosas.

Diagnóstico nutrimental foliar

Los intervalos de concentración estimados a partir de los datos de los análisis nutrimentales foliares de las huertas de alto rendimiento (20 t·ha⁻¹) de aguacate, se muestran en el Cuadro 2. Se observó que en los niveles óptimos de concentración nutrimental foliar, el orden de mayor a menor concentración fue la siguiente: Ca>N>K>Mg>P>B>Mn>Fe>Zn>Cu. Es decir, que el follaje acumuló mayores niveles de Ca, N y K, respecto a Mg y P, mientras que la acumulación de Mn y Fe fue mayor respecto a Zn y Cu.

Los valores óptimos del intervalo de concentración, determinado para el cultivo de aguacate en la región Purépecha y los obtenidos en otras regiones aguacateras del mundo (Bertin *et al.*, 1976; Embleton y Jones, 1972; Goodall *et al.*, 1979; Lahav *et al.*, 1990), se muestran en el Cuadro 3. Un análisis comparativo muestra que el valor inferior del intervalo de concentración fue mayor en N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu y B, mientras que Zn resultó menor. En la parte superior del intervalo se obtuvieron mayores niveles de N, Cu y B, pero menores de P, K, Ca, Mg y Fe, respecto a los valores establecidos por otros investigadores. Con base en las diferencias encontradas entre los intervalos de concentración nutrimental reportados por diferentes

CUADRO 2. Intervalos de concentración nutrimental foliar de huertos de aguacate con rendimientos superiores a 20 t·ha⁻¹.

Nutrimento		Deficiente	Bajo	Óptimo	Alto	Excesivo
Nitrógeno	(%)	<1.72	1.73-1.93	1.94-2.31	2.32-2.50	>2.51
Fósforo	(%)	<0.10	0.11-0.14	0.15-0.18	0.19-0.21	>0.22
Potasio	(%)	<0.64	0.65-0.80	0.81-1.09	1.10-1.22	>1.23
Calcio	(%)	<0.59	0.60-1.27	1.28-2.59	2.60-3.25	>3.26
Magnesio	(%)	<0.51	0.52-0.61	0.62-0.77	0.78-0.85	>0.86
Hierro	(mg·kg ⁻¹)	<67	68-84	85-114	115-129	>130
Manganeso	(mg·kg ⁻¹)	<37	38-86	87-182	183-230	>231
Zinc	(mg·kg ⁻¹)	<4	5-19	20-51	52-66	>67
Cobre	(mg·kg ⁻¹)	<2	2-7	7-32	33-45	>46
Boro	(mg·kg ⁻¹)	<12	13-125	126-352	353-465	>466

CUADRO 3. Intervalos de concentración nutrimental óptimos para aguacatero cv. Hass.

Nutrimento		Intervalo Estimado	Goodall <i>et al.</i> (1979)	Bertin <i>et al.</i> (1976)	Jones y Embleton (1972)
Nitrógeno	(%)	1.94-2.31	1.60-2.00	1.80-2.20	1.60-2.00
Fósforo	(%)	0.15-0.18	0.1-0.25	0.10-0.30	0.08-0.25
Potasio	(%)	0.81-1.09	0.75-2.0	0.50-2.40	0.75-2.00
Calcio	(%)	1.28-2.59	1.00-3.00	1.00-3.00	1.00-3.00
Magnesio	(%)	0.62-0.77	0.25-0.80	0.30-0.50	0.25-0.80
Hierro	(mg·kg ⁻¹)	85-114	50-200		50-200
Manganeso	(mg·kg ⁻¹)	87-182	30-500		30-500
Cinc	(mg·kg ⁻¹)	20-51	30-150		30-150
Cobre	(mg·kg ⁻¹)	7-32	5-15		5-15
Boro	(mg·kg ⁻¹)	126-352	50-100		50-100

investigadores es posible indicar que existen diferencias regionales entre los intervalos de concentración, que podrían generar diagnósticos incorrectos cuando estándares generados para una región se utilizan en áreas con diferentes condiciones climáticas y de manejo.

El índice de Balance Kenworthy es un procedimiento de evaluación de las concentraciones foliares que permite determinar los desbalances nutrimentales. Este procedimiento requiere de valores de referencia, estándar o norma, como los obtenidos para el cultivo de aguacate y que se muestran en el Cuadro 4.

Los estándares o valores de referencia determinados para el cultivo de aguacate en la región Purépecha, indican que la concentración de N en la hoja mostró el valor más alto, seguido del Ca, K, Mg y P. En cambio los elementos menores presentaron en orden de mayor a menor concentración la relación siguiente: B> Mn> Fe> Zn>Cu.

Los resultados manejados mediante los Índices de balance Kenworthy permitieron clasificar en 75, 70 y 64 % de los huertos con deficiencias de Zn, Mn y Cu,

CUADRO 4. Estándar y coeficiente de variación (CV) de Índices de balance Kenworthy para aguacatero.

Nutrimento		Estándar	CV
Nitrógeno	(%)	2.11	8.79
Fósforo	(%)	0.15	13.66
Potasio	(%)	0.93	15.38
Calcio	(%)	1.92	34.54
Magnesio	(%)	0.68	11.56
Hierro	(mg·kg ⁻¹)	98.20	15.08
Manganeso	(mg·kg ⁻¹)	134.00	35.73
Zinc	(mg·kg ⁻¹)	34.90	43.98
Cobre	(mg·kg ⁻¹)	19.50	66.18
Boro	(mg·kg ⁻¹)	238.60	47.51

respectivamente (Cuadro 5). Mientras que el B fue encontrado arriba del normal y en exceso en el 78 % de los huertos. En cambio los niveles de K, N, Mn y P mostraron un nivel normal en el 57, 64, 69 y 85% de los huertos, respectivamente, siendo estos nutrimentos los que resultaron mejor balanceados en la mayoría de los huertos. Por último el Fe y Ca mostraron una concentración abajo del normal y deficiente en el 29 y 38 % de los huertos, arriba del normal y en exceso en 25 y 31 % mientras que sólo 47 y 31 % de los huertos presentaron un nivel normal.

Aun cuando la concentración de Zn en el suelo estuvo en niveles adecuados en 69 % de los huertos, a nivel foliar fue el nutrimento más deficiente. Al respecto Welch y Norvell (1993) encontraron síntomas de deficiencias de Zn en cebada aún con niveles adecuados de éste, en plantas que se desarrollaron en un medio radical con grandes cantidades

CUADRO 5. Porcentaje de huertos de aguacatero cv. Hass, clasificados en categorías de acuerdo al nivel nutrimental foliar.

Elemento	Deficientes	Abajo Normal	Normal	Arriba Normal	Exceso
N total	0	34	64	0	1
Fósforo	0	5	85	10	0
Potasio	0	9	57	31	2
Calcio	1	37	31	14	17
Magnesio	0	6	69	24	1
Hierro	1	28	47	20	5
Manganeso	8	62	22	8	0
Zinc	21	54	16	2	7
Cobre	49	15	11	7	17
Boro	3	6	13	14	64
Orden de Requerimiento Nutrimental					
Abajo Normal	Normal	Exceso	Menor tendencia		
Zn>Mn>Cu	K>N>Mg>P	B	Ca, Fe		
75 70 64	57 64 69 85	78			

de K, Ca, Mn y Al. En la zona de estudio se presentó la situación anterior, suelos con niveles de K y Ca altos y muy altos (96 y 78 %, respectivamente) y pH fuertemente ácido, con Al activo alto. Otra razón de la deficiencia de Zn puede atribuirse a la fertilización con P, debido a la formación de $Zn_3(PO_4)_2$ insolubles, promoción del crecimiento por el P y dilución del Zn en el follaje o por interferencia del P en las funciones metabólicas del Zn (Mortvedt *et al.*, 1972; Crowley y Smith, 1996). A pesar de que las concentraciones de Mn y Cu en el suelo de los huertos evaluados fueron altas en 70 y 64 % del follaje se encontraron en el intervalo abajo del normal y deficiente.

El comportamiento inverso observado entre calcio y hierro es el resultado de reacciones derivadas del suministro de calcio a través de la aplicación de dolomita ($Mg.CaCO_3$) la cual incrementa el pH del suelo y disminuye la disponibilidad de hierro (Black, 1993). Por otra parte, el exceso de boro puede ser originado por altas aplicaciones de fertilizantes que lo contienen como nitroboro.

Mientras existan deficiencias y excesos de elementos nutritivos se afectará la nutrición del cultivo y en consecuencia los rendimientos de fruto. Muchos de estos desbalances se pueden presentar por antagonismo, sinergismo o influencia de factores ambientales que limitan la disponibilidad y absorción de nutrimentos.

Los resultados indicaron una acumulación diferencial de nutrimentos en el fruto (Cuadro 6), siendo el K el más concentrado, seguido de N, P, Mg, Ca, Fe, B, Zn, Cu y Mn. El Ca se encontró en menor concentración, con respecto al Mg, aunque en la mayoría de los frutos, la concentración de Ca es mayor. Aun cuando los micronutrimentos son acumulados en cantidades pequeñas en el fruto, a medida que se incrementa la producción la cantidad exportada mediante la cosecha, resulta significativa, necesiéndose realizar suministros periódicos de estos elementos para mantenerlos en un balance adecuado en el follaje del árbol

CUADRO 6. Cantidad de nutrimentos extraídos por tonelada de frutos de aguacate cv. Hass con rendimiento promedio de 20 t·ha⁻¹.

Nutrimento		Unidad	Fruto fresco
Nitrógeno	(N)	kg	2.73
Fósforo	(P ₂ O ₅)	kg	0.72
Potasio	(K ₂ O)	kg	4.00
Calcio	(CaO)	kg	0.23
Magnesio	(MgO)	kg	0.46
Hierro	(Fe)	g	9.37
Manganeso	(Mn)	g	1.54
Zinc	(Zn)	g	4.06
Cobre	(Cu)	g	2.46
Boro	(B)	g	5.47

y en el fruto (Crowley *et al.*, 1996). Según Lahav y Whiley (2002) la cosecha de los frutos impacta más que la abscisión natural de flores, frutos y hojas, pero es una cantidad muy pequeña (< 8 %) respecto del total de nutrimentos del árbol entero (Lahav y Kadman, 1980).

CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en este estudio se puede concluir lo siguiente:

El diagnóstico de fertilidad de suelos, en el área de estudio indicó que la mayoría presentó pH fuertemente ácido, bajos a muy bajos niveles de materia orgánica (81 %), fósforo (55 %), manganeso (51 %) y nitrógeno inorgánico (42 %), altas a muy altas concentraciones de Cu (99 %), Fe (96 %), K (96 %), Ca (78 %), B (73 %) y Zn (69 %), pero con niveles medios de Mg (49 %).

Los intervalos de concentración foliar generados para el cultivo de aguacate en la región Purépecha, presentan diferencias respecto a valores establecidos por otros investigadores para regiones productoras de otros países.

Los índices de balance Kenworthy estimados permitieron determinar que en términos generales, el Zn, Mn y Cu, se encuentran en niveles deficientes y abajo del normal, el B en exceso y el K, N, Mg y P en concentración normal.

LITERATURA CITADA

- AGUILERA M., J. J.; SALAZAR G., S. 1998. Efecto del nitrógeno, fósforo y potasio en el rendimiento y tamaño de fruto de aguacate. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro. INIFAP, Campo Experimental Uruapan, Michoacán, México. Folleto Técnico Núm. 12.
- ANKERMAN, D. L. R. 1982. Soil and Plant Analysis. Agricultural Laboratories, Memphis, Tenn. USA. 82 p.
- ANÓNIMO. 2000. Norma Oficial Mexicana NOM-021. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Diario Oficial, martes 31 de diciembre 2002.
- BERTIN, Y.; BLONDEAU, J. P.; DORMOY, M. 1976. Premiers resultants d'une etude d'analyse foliare sur la avocatier 'Lula' a la Martinique. Fruits 31(7-8): 459-471.
- BLACK, C. A. 1993. Soil Fertility Evaluation and Control. Lewis Publishers, USA. 746 p.
- BREMNER, J. M.; MULVANEY, C. 1982. Total nitrogen, pp. 595-624. *In*: Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties. PAGE, A. L.; MILLER, R.; KEENY, D. R. (eds.). 2nd edition. Ed. American Society of Agronomy, Madison WI. USA. Agronomy No. 9.
- CASTELLANOS Z., J.; UVALLE, B., J. X.; AGUILAR S., A. 2000. Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Agua. 2^a edición. Ed. Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola. México. 225 p.

- CROWLEY, D. E.; SMITH, W.; FABER, B.; MANTHEY, J. A. 1996. Zinc fertilization of avocado trees. *Horticultural Science* 31(2): 224-229.
- CROWLEY, D. E.; SMITH, W. 1996. Soil factors associated with zinc deficiency in avocado. *California Avocado Society Yearbook* 79: 171-183.
- EMBLETON, T. W.; JONES, W. W. 1972. Development of nitrogen fertilizer programs for California avocados. *California Avocado Society Yearbook* 56: 90-96.
- ETCHEVERS B., J. D. 1988. Manual de Métodos de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Montecillo, México. 125 p.
- GOODALL, G. E.; EMBLETON, T. W.; PLATT, R. G. 1979. Avocado fertilization. *Univ. Calif. Coop. Ext. Bull.* 2024.
- KENWORTHY, A. L. 1961. Interpreting the balance of nutrient element in leaves of fruit trees, pp. 28-43. *In: Plant Analysis and Fertilizer Problems*. REUTER, W. (ed.). Publication No 8. Ed. American Institute of Biological Science. Washington, D. C.
- LAHAV, E.; BAR, Y.; KALMER, D. 1990. Effect of nitrogenous fertilization on the annual variations in nutrients in avocado leaves. *Communication in Soil Science and Plant Analysis* 21(13-16): 1353-1365.
- LAHAV, E.; KADMAN, A. 1980. Avocado fertilization. *International Potash Institute Bulletin* 6, Worblaufen-Bern, Switzerland.
- LAHAV, E.; WHILEY, A. W. 2002. Irrigation and mineral nutrition, pp.259-297. *In: The Avocado: Botany, Production and Uses*. WHILEY, A. W.; SCHAFFERAND, B. N. (eds.). Walstenholme. CAB International, CABI-Publishing. London, UK.
- LAHAV, E. Avocado (*Persea americana* Mill.). <http://www.fertilizer.org/PUBLISH/PUBMAN/avocado.htm> consultado en febrero del 2000.
- LAIRD, R. J. 1984. 25 años de investigación agrícola en la sierra tarasca, estado de Michoacán, pp. 155-178. *In: Los Suelos de Ando y sus Implicaciones en el Desarrollo Agrícola de la Sierra Tarasca*. TRINIDAD, S. A.; MIRANDA, J. O.(eds.). Colegio de Postgraduados, México.
- LEECE, D.R. 1975. Diagnostic leaf analysis for stone fruit. 4 Plum, *Australian Journal Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 15(72): 112-117.
- MALDONADO T., R. 2002 Diagnostico Nutricional para la Producción de Aguacate. Fundación Produce Michoacán, A. C., Morelia, Michoacán, México. 74 p.
- MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINDSAY, W. L. 1972. Micronutrients in Agriculture. *Soil Science Society of America. Inc. Madison, Wisconsin WI., USA.* 742 p.
- SÁNCHEZ P., J. DE LAL.; ALCÁNTAR R., J. J.; CORIAA., V. M.; ANGUIANO C., J.; VIDALES F., I; TAPIA V., L. M.; AGUILERA M., J. L.; HERNÁNDEZ R., G.; VIDALES F., J. A. 2001. Tecnología para la Producción de Aguacate en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro. INIFAP Campo Experimental Uruapan, Libro técnico No. 1. Michoacán, México. 204 p.
- TÉLIZ O., D. 2000. El Aguacate y su Manejo Integrado. Mundi-Prensa, D. F., México. 219 p.
- WELCH R. M.; NORVELL, W. A. 1993. Growth and Nutrient Uptake by Barley (*Hordeum vulgare* L. cv. Herta): Studies Using an N-(2-Hydroxyethyl)ethylenedinitrioltriactic Acid-Buffered Nutrient Solution Technique (II. Role of Zinc in the Uptake and Root Leakage of Mineral Nutrients). *Plant Physiology* 101(2): 627-631.