

## Concentración nutrimental en hojas de aguacate 'Hass' en huertos de Guanajuato

Celeste Garibaldi Raya<sup>1</sup>, Mayra Elizabeth Zamora Mendoza<sup>1</sup>, Luz Elena Castellanos Frias<sup>1</sup>, Luis Felipe Ramírez Santoyo<sup>2</sup>, Rubén Damián Elías Román<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Alumnas de la carrera de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía, Departamento de Agronomía, División de Ciencias de la Vida, Universidad de Guanajuato.

<sup>2</sup>Profesores de la carrera de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía, Departamento de Agronomía, División de Ciencias de la Vida, Universidad de Guanajuato

### Resumen

En el estado de Guanajuato como en varios estados productores de aguacate de México la nutrición del cultivo se maneja de manera generalizada, sin considerar las variaciones del suelo de cada región. Por lo anterior, el desbalance nutrimental es común tanto para macro como micronutrientes. En la presente investigación se analizan los valores de concentración nutrimental de 11 elementos en hojas de diez huertos de aguacate 'Hass' de tres municipios del estado de Guanajuato. Se obtuvieron índices de desbalance nutrimental por el método de desviación del óptimo porcentual (DOP) desde -326.6 a 1492.97. En siete de los huertos analizados mostraron un contenido bajo de Mn y Zn; y una concentración elevada de Mg, el Cu tuvo valores altos en tres huertos. Se elaboraron gráficas de desbalance de nutrientes y el orden de requerimiento nutrimental de cada huerto, las recomendaciones generales de nutrición fueron entregadas a los productores de los huertos donde se efectuó el muestreo.

**Palabras clave:** *Persea americana*, orden de requerimiento, desbalance nutrimental, nutriente.

### Introducción

El aguacate (*Persea americana*) es uno de los productos más exitosos de la exportación agroalimentaria nacional; el estado de Michoacán produce 1,800,021 ton lo cual lo posiciona como el principal productor y exportador de este fruto (SAGARPA, 2016; SIAP 2020). Guanajuato fue la principal zona productora a nivel nacional de aguacate durante los años sesenta; actualmente en ese estado se producen 1554 ton sobresaliendo en la superficie establecida con 'Hass' los municipios de León, Cuerámara, San Francisco del Rincón, entre otros (SAGARPA, 2015; SIAP, 2020).

A pesar de que en México cada vez está más tecnificado en el cultivo de aguacate, las recomendaciones de fertilización en algunas regiones se siguen realizando de manera general, sin considerar las variaciones de los suelos de cada región, lo que ocasiona deficiencias y desbalances nutrimentales, limitando la productividad de los árboles (Salazar-García *et al.*, 2009). En los suelos donde se produce aguacate con contenidos bajos de nutrientes es requerido la aplicación de abonos y enmiendas para corregir deficiencias (Tapia *et al.*, 2012).

El aporte de nutrientes se debe realizar en base a las necesidades de la planta, las características físico-químicas del suelo, las condiciones de cultivo y el comportamiento fenológico del árbol, y el análisis foliar influirá en la creación de programas de fertilización, ya que podría ayudar a mejorar no sólo el rendimiento sino el tamaño y calidad de la fruta (Salazar y Lazcano, 1999), además se considera que el análisis foliar es una herramienta de utilidad para monitorear el estado nutricional en los cultivos perennes (Malavolta *et al.*, 1997).

El objetivo de esta investigación es realizar un análisis acerca del contenido de nutrientes del área foliar de huertos en aguacate en el estado de Guanajuato, así como encontrar los desbalances para aplicar una mejor nutrición.

### Materiales y métodos

La presente investigación se realizó en 10 huertos comerciales de aguacate variedad 'Hass' injertado sobre portainjertos de la raza mexicana propagados por semilla, la edad promedio de los huertos fue de 15 años (Tabla 1).

Tabla 1. Sitios de colecta de muestras de suelo y hojas en huertos de árboles de aguacate 'Hass' en Guanajuato.

Huerta #	Coordenadas	Altura (msnm)	Localidad
1	N21°01'36.7" W101°26'38.7"	1820	Chichimequillas, Silao
2	N21°02'30.2" W101°26'30.7"	1750	Bajo de Guadalupe, Silao
3	N21°02'55.2" W101°23'33.9"	1946	El Jitomatal, Silao
4	N21°05'35.1" W101°29'59.6"	1876	Las Coloradas, León
5	N21°05'24.7" W101°30'20.1"	1928	Duarte, León
6	N21°07'28.4" W101°31'09.8"	1960	Duarte, León
7	N21°02'51.5" W101°24'42.8"	1798	El Paxtle, Silao
8	N21°02'49.7" W101°24'31.3"	1858	El Paxtle, Silao
9	N20°42'59.9" W101°53'43.8"	1928	Delgado de Abajo, Comonfort
10	N20°41'54.2" W100°48'19.5"	1823	La Laguna, Comonfort

## Muestreo y determinación de nutrimentos foliares

Durante 21 de abril a 10 de junio de 2021 en cada huerto se colectaron muestras foliares de cinco árboles seleccionados al azar. De cada árbol se colectaron cuatro hojas completas (incluido peciolo) sin daño de plagas ni enfermedades, ubicadas en la posición 5 o 6 nudo, sentido basipétalo, de ramas sin flores ni frutos. Las ramas seleccionadas para colecta de hojas se encontraban orientadas en los cuatro puntos cardinales.

Cada muestra foliar se identificó y colocó en una bolsa de papel con orificios, después se colocaron en hielera y se entregaron el mismo día en laboratorio de CESAVEG, Irapuato, Guanajuato. De cada muestra foliar se determinó el contenido de N, P, S, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn, Cu y B (Tabla 2).

## Interpretación de la concentración nutrimental foliar

Los valores de concentración nutrimental de las muestras colectadas se compararon con los valores reportados por Salazar *et al.*, (2013), la interpretación de las concentraciones foliares de nutrimentos se realizó por el método de desviación del óptimo porcentual (DOP) (Montañés *et al.*, 1993). Con la metodología mencionada se obtuvieron los índices de desbalance nutrimental-DOP (IDN) general y de elementos nutritivos por huerta así, así como el orden de requerimiento por huerto. Se elaboraron gráficas en Microsoft Excel (2013) de los IDN de los nutrimentos foliares y recomendaciones generales de nutrición que fueron entregadas a los productores de aguacate.

## Resultados y discusión

Los valores de concentración de nutrimentos foliares de las muestras de los 10 huertos se muestran en el Tabla 2. Los índices de desbalance nutrimental, obtenidos por el método de DOP, en hojas de aguacate 'Hass' en siete de los huertos monitoreados mostraron valores negativos desde -114.6 a -326.6 (Tabla 2). Los valores más cercanos a cero indican balance nutrimental en comparación a los valores reportados por Salazar *et al.* (2013). Al respecto se ha indicado que el desbalance nutricional en aguacate 'Hass' afectan directamente el rendimiento y calidad de frutos y es preciso implementar estrategias de nutrición mineral para obtener resultados adecuados (Maldonado, 2002).

El huerto #10 de la Laguna, Comonfort tuvo un IDN de 11.7 lo cual indicó mejor balance nutrimental; por el contrario, el huerto # 4 de las Coloradas, León tuvo un IDN de 1493 con valores altos en Cu, S y Mg (Tabla 2, Figura 2 C) atribuidos principalmente al uso de fungicidas con estos elementos.

Tabla 2. Resultados de los análisis foliares de los huertos de aguacate 'Hass' en Guanajuato.

Huerto #	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	S %	Fe ppm	Cu ppm	Mn ppm	Zn ppm	B ppm	Índice de desbalance nutrimental (IDN)
1	2.17	0.16	1.12	2.12	0.73	0.11	87.5	14.25	92.58	29.55	39.45	-190
2	2.15	0.14	1.15	2.29	0.88	0.19	85	6.35	45.15	24.80	30.15	-264.6
3	2.24	0.18	1.04	0.30	0.08	0.15	92.3	38.65	73.90	48.75	38.47	-114.6
4	1.99	0.20	0.75	1.13	0.75	0.90	173.3	161.70	66.80	26.10	33.69	1493
5	2.22	0.21	0.68	2.27	0.93	0.16	365.8	7.85	195.55	37.75	44.87	89.4
6	1.96	0.17	1.01	1.00	0.78	0.10	197.8	3.10	19.70	36.25	39.74	-290.4
7	1.98	0.19	1.00	1.18	0.83	0.30	55	7.93	29.85	14.04	41.53	-299.7
8	2.04	0.16	1.38	1.28	0.77	0.39	69.8	10.41	39.83	15.92	41.53	-223.4
9	2.08	0.14	1.53	0.95	0.57	0.33	66.3	7.80	39.45	17.03	38.45	-326.6
10	1.96	0.70	1.61	1.31	0.51	0.26	77.9	10.61	53.49	14.77	51.23	11.7

En siete huertos el Mn tuvo orden prioritario dentro del requerimiento (Figuras 1, 2 y 3), y el Cu tuvo valores altos positivos en tres huertos (#1, #3 y #4). Al respecto Salazar y Lazcano (1999) reportaron valores en exceso de Cu asociado con la aplicación de fungicidas en huertas de aguacate 'Hass' en Nayarit.

El huerto #1, Chichimequillas, Silao, tuvo un IDN de -190 (números cercanos a cero indican balance nutricional); el S fue detectado como deficiente con -68.57, el nutriente que tuvo un rango "normal" fue N con un valor de -1.36 (más cercano al 0), mientras que los nutrientes con valores excesivos son Cu y Mg con valores de 42.5 y 39.05, respectivamente (Figura 1 A). Considerando los índices de desbalance nutrimental el orden de requerimiento en este caso es de S>Mn>Zn>Fe>K>B>P>N>Ca>Mg>Cu (Figura 1 A, Tabla 3).

El huerto #2 en Bajío de Guadalupe, Silao tuvo un IDN de -264.59, el nutrimento más deficiente es Mn con un valor de -82.96, en cambio el N mostró un nivel "normal" con -2.27 mientras que el Mg fue encontrado en exceso con 67.52 (Figura 1 B). El orden de requerimiento para esta huerta es de Mn>Zn>S>B>Cu>Fe>P>K>N>Ca>Mg (Figura 1 B, Tabla 3).

El huerto #3, en El Jitomatal, Silao, tuvo un IDN de -114.6, el Ca fue detectado como deficiente con -85.00, el nutriente con un rango "normal" es el N con un valor de 1.82, mientras que el nutriente con valor excesivo es el Cu con 286.50 (Figura 1 C). Considerando el índice de desbalance nutrimental el orden de requerimiento para este huerto fue de Ca>Mg>Mn>S>K>Fe>B>Zn>P>N>Cu (Figura 1 C, Tabla 3).

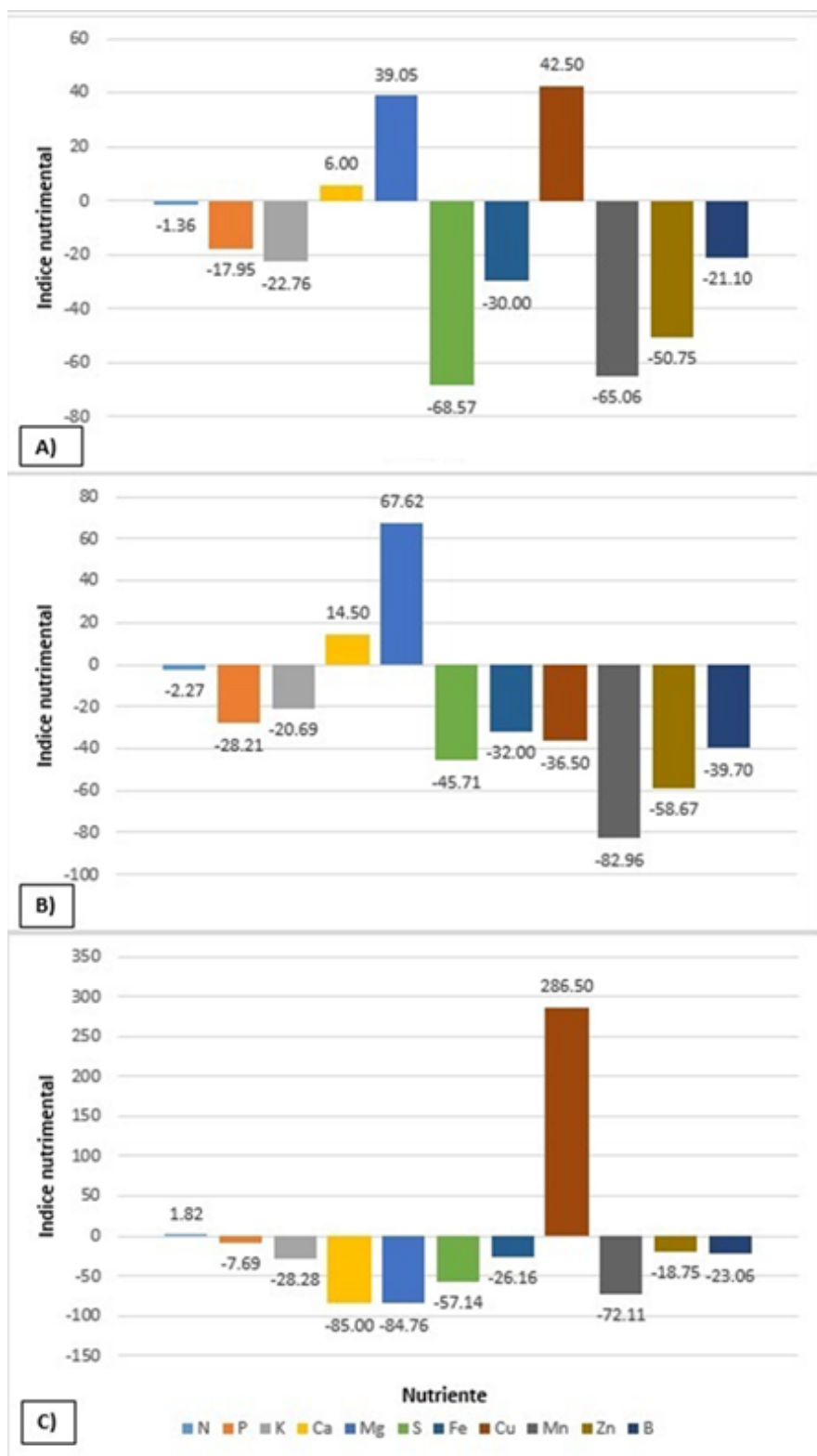


Figura 1. Índices de desbalance nutricional de tres huertos de aguacate ‘Hass’ en municipio de Silao, Gto. A) Huerto #1 en Chichimequillas B) Huerto #2 en Bajío de Guadalupe y C) Huerto #3 en El Jitomatal.



Figura 2. Síntoma de clorosis intervenal asociado con deficiencia de hierro (Fe) en hoja de aguacate 'Hass' del huerto #1 en Chichimequillas, Silao.

El huerto #4 en Las Coloradas, León, tuvo un índice de desbalance nutrimental del 1492.97, el Mn fue detectado como deficiente con un valor de desbalance de -74.79, el P estuvo dentro de un rango "normal" con un valor de 2.56 (más cercano al 0), mientras que el nutriente con valor excesivo fue el Cu con 1517 (Figura 2 A)). Considerando el índice de desbalance nutrimental el orden de requerimiento en este caso fue de Mn>Zn>K>Ca>B>N>P>Fe>Mg>S>Cu (Figura 3 A, Tabla 3).

El huerto #5 en Duarte, León tuvo un índice de desbalance nutrimental del 89.44, el S fue detectado como deficiente con -54.29, el nutriente que tenemos con un rango "normal" es el N con 0.91 (más cercano al 0), mientras que el nutriente con valor excesivo es el Fe con 192.64 (Figura 3 B). Considerando el índice de desbalance nutrimental nuestro orden de requerimiento en este caso es de S>K>Zn>Mn>Cu>B>N>P>Ca>Mg>Fe (Tabla 3).

El huerto #6 en Duarte, León tuvo un IDN del -290, el Mn fue detectado como deficiente con -92.57, mientras que el nutriente con valor excesivo fue el Fe con 58.24 (Figura 3 C). El orden de requerimiento en este caso es de Mn>S>Cu>Ca>Zn>K>B>P>N>Mg>Fe (Tabla 3).

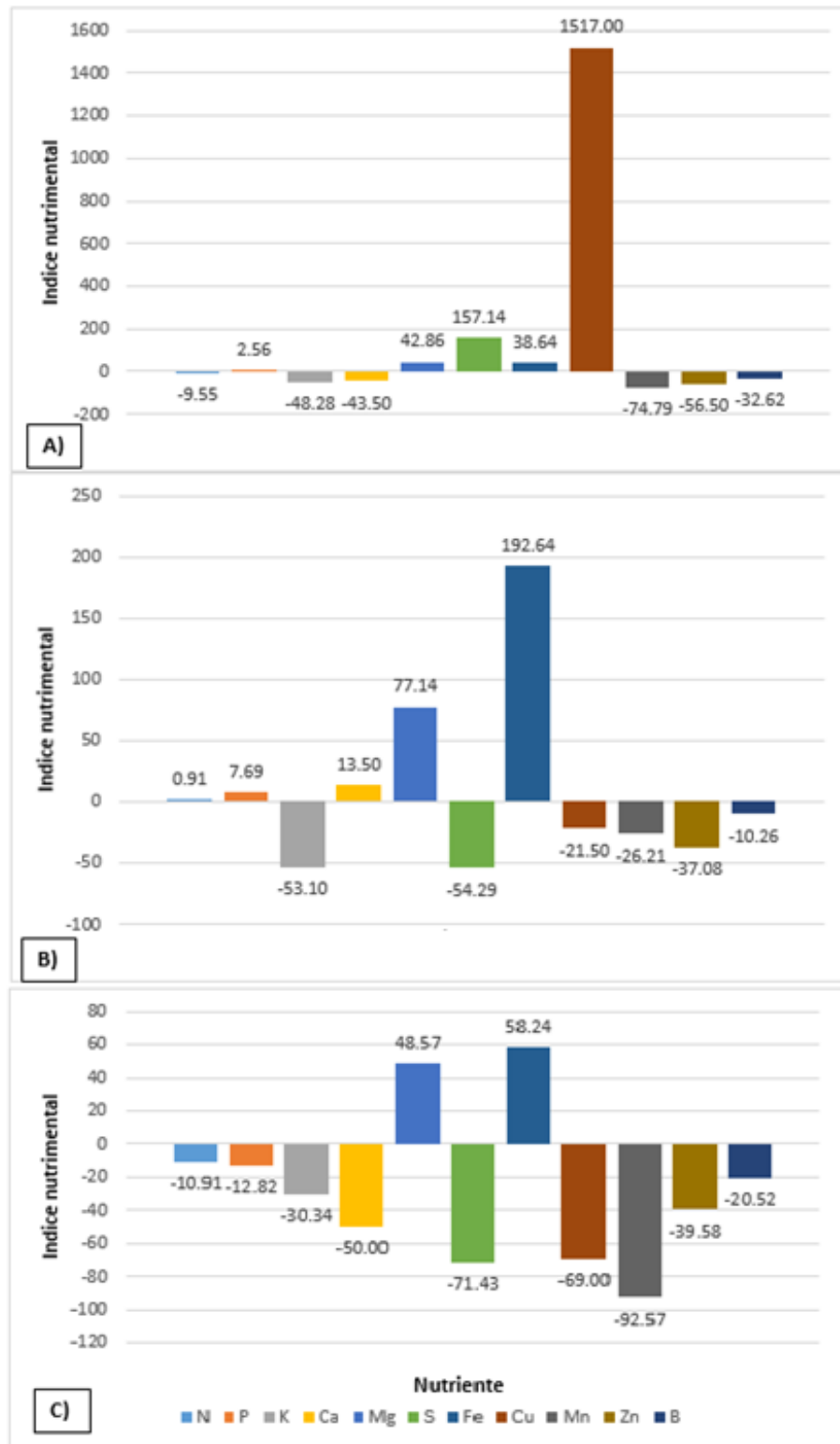


Figura 3. Índices de desbalance nutricional de tres huertos de aguacate 'Hass' en León, Gto. A) Huerto #4 en Las Coloradas; B y C) Huertos #5 y #6 en Duarte.

El huerto #7, El Paxtle, Silao, tuvo un índice de desbalance nutrimental (IDN) de -299.8 el Mn fue detectado como deficiente con -88.74, el P tuvo un valor "normal" con un IDN de -2.56 (más cercano al 0), mientras que el nutriente con valor excesivo es el Mg con 58.1 (Figura 4 A). El orden de requerimiento para este huerto fue de Mn>Zn>Fe>Ca>K>Cu>B>S>N>P>Mg (Tabla 3).

El huerto #8 en El Paxtle, Silao tuvo un IDN del -223.4, el Mn fue detectado como deficiente con -84.97, mientras que el nutriente con valor excesivo es el Mg con 46.7 (Figura 4 B). El orden de requerimiento en este caso fue de Mn>Zn>S> B>Cu>Fe>P>K>N>Ca>Mg (Tabla 3).

El huerto #9 en Delgado de abajo, Comonfort tuvo un IDN de -326.6, el Mn fue detectado como deficiente con un valor de -85.1, mientras que el nutriente con valor excesivo fue el Mg con 8.57 (Figura 3 C). El orden de requerimiento en este huerto fue de Mn>Zn>Ca>Fe>P>B>Cu>S>N>K>Mg (Tabla 3).

El huerto #10 en La Laguna, Comonfort tuvo un IDN de -11.7, (el menor de todos indicando mejor condición nutrimental) el Mn fue detectado como deficiente con un valor de -79.8, el nutriente que tenemos con un rango "normal" es el B con -2.46 (más cercano al 0), mientras que el nutriente con valor excesivo es el P con 258.97 (Figura 4 D). El orden de requerimiento en este huerto fue Mn>Zn>Fe>Ca>S>N>Mg>B>Cu>K>P (Tabla 3).

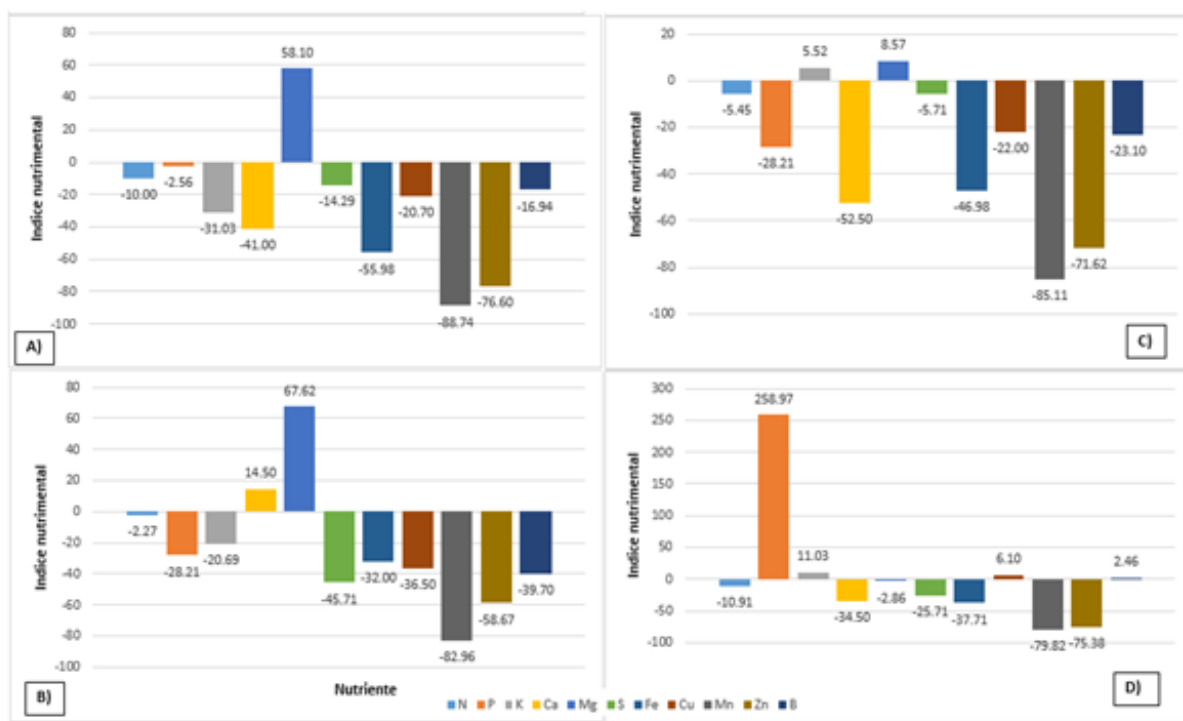


Figura 4. Índices de desbalance nutrimental de tres huertos de aguacate 'Hass'. A y B) Huerto #7 y #8, respectivamente en El Paxtle, Silao C y D) Huerto #9 y #10 en Delgado de abajo y La Laguna, Comonfort, respectivamente.

De manera general en siete de los huertos (#2, #4, #6, #7, #8, #9 y #10) muestreados el orden de requerimiento nutrimental estuvo iniciado por Mn seguido de Zn, el K apareció primero en los órdenes de requerimiento en comparación a P y N (Tabla 3). El K es un elemento de gran demanda en flores y frutos en crecimiento de aguacate, y una parte importante es movilizad y reciclado de hojas (Figueroa *et al.*, 2001; Salazar, 2002; Bárcenas *et al.*, 2003; Salazar *et al.*, 2007).



Tabla 3. Índices de desbalance y órdenes de requerimiento utilizando los análisis foliares de los huertos de Aguacate 'Hass'.

Huerta	Índice de Desbalance Nutricional (IDN)	Orden de requerimiento
1	-190	S>Mn>Zn>Fe>K>B>P>N>Ca>Mg>Cu
2	-264.6	Mn>Zn>S>B>Cu>Fe>P>K>N>Ca>Mg
3	-114.6	Ca>Mg>Mn>S>K>Fe>B>Zn>P>N>Cu
4	1493	Mn>Zn>K>Ca>B>N>P>Fe>Mg>S>Cu
5	89.4	S>K>Zn>Mn>Cu>B>N>P>Ca>Mg>Fe
6	-290.4	Mn>Zn>Fe>Ca>K>Cu>B>S>N>P>Mg
7	-299.75	Mn>Zn>Fe>Ca>K>Cu>B>S>N>P>Mg.
8	-223.4	Mn>Zn>S> B>Cu>Fe>P>K>N>Ca>Mg
9	-326.6	Mn>Zn>Ca>Fe>P>B>Cu>S>N>K>Mg
10	11.7	Mn>Zn>Fe>Ca>S>N>Mg>B>Cu>K>P

Los resultados del presente estudio indican que es requerido incorporar microelementos a la nutrición, al respecto Lahav (1998) mencionó que en la mayoría de las zonas productoras de aguacate distribuidas en el mundo son frecuentes las deficiencias de microelementos, por ejemplo, en el estado de Michoacán (Hernández-Valdés *et al.*, 2012).

## Conclusiones

Consideramos que para mejorar el rendimiento y calidad de fruta en los huertos en donde se efectuó el presente estudio se deberían atender las deficiencias de micronutrientes con énfasis en Mn y Zn; a excepción del Cu que presentó valores en exceso en tres huertos. Efectuar rutinariamente los análisis foliares para determinar las necesidades nutrimentales. Para los elementos que obtuvieron valores con índices normales es recomendable continuar con el programa/dosis que se ha aplicado. Los elementos que resultaron con valores altos se recomienda suspender su aplicación.

### Agradecimientos

Al Idea-Gto por el apoyo financiero del proyecto Al-20-14, en el marco del programa "Empuje Científico y Tecnológico Modalidad 2 Apoyo a investigadores"; a Ing. Gisela Alejandra Pinedo Balderas de la SDAyR y Ing Ezequiel García Zavala del CESAVEG por el apoyo en la colecta de muestras foliares y de suelo en los huertos de aguacate 'Hass'.

## Referencias

- Bárceñas O.A.E, Molina E.J., Huanosto M.F, Aguirre P.S. (2003). Contenido de macro y microelementos en hojas, flor y fruto de aguacate "Hass" en la región de Uruapan Michoacán. Actas V Congreso Mundial del Aguacate) Pp. 365-371.
- Figueroa, M., A. M. Castillo, E. Avitia & J. L. Tirado (2001). Concentración nutrimental en hojas e inflorescencias de tres cultivares de aguacatero. Terra latinoamericana. 19(2): 127-132.
- Hernández-Valdés E.F., Aguilar-Campoverde S., Aguilera-Taylor V., Pérez-Sánchez R. (2012). Concentración nutrimental en hojas de aguacate 'Hass' con síntoma de moteado. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 3: 621-627.
- Lahav, E. (1998). Avocado nutrition- A review. Proc. World Avocado Congress III, Telaviv, Israel 22-27. pp. 143-151.
- Malavolta, E., G.C. Vitti, e S.A. De Oliveira (1997). Avaliação do estado nutricional das plantas. Princípios e aplicações. 2ª edição. Piracicaba. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, BRA.
- Maldonado T., R, Álvarez S., M; Almaguer V., & G, Barrientos P., A (2007). Estándares nutrimentales para aguacatero 'Hass'. Chapingo Serie Horticultura 13(1): 103-108,

- Montañez, L.; Heras, L.; Abadía, J.; Sanz, M. (1993). Plant analysis interpretation based on a new index: Deviation from optimum percentage (DOP). *J. Plant Nutr* 16: 1289-1308.
- SAGARPA (2016). Planeación Agrícola Nacional 2017-2030: Aguacate Mexicano.
- SAGARPA (2015). Programa para el diagnóstico y fortalecimiento comercial de los productores de aguacate de la zona centro occidente (Colma, Guanajuato y Jalisco).
- Salazar G., S, Cossio V., L, & González D., I. (2009). La fertilización de sitio específico mejoro la productividad del aguacate 'Hass' en huertos sin riego. *Agricultura Técnica en México* 35(4): 436-445.
- Salazar G., S, & Lazcano-Ferrat I (1999). Diagnóstico Nutricional del Aguacate "Hass" Bajo Condiciones de Temporal. *Chapingo Serie Horticultura* 5: 173-184.
- Salazar, G., S & Lord, E. M. and Lovatt, C. J. (2013). Reproductive biology. In: *avocado: botany, production and uses*. Schaffer, B.; Wolstenholme, N. and Whiley, A. W. (Eds.). 2nd. Ed. CAB International. Oxfordshire, UK. 118-167 pp.
- SIAP (2020). Anuario Estadístico de la Producción Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Tapia, V. L. M.; Larios, G. A.; Anguiano, C. J. I.; & Vidales, F. I. and Barradas, M. V. (2012). Lixiviación de nitratos en dos sistemas de manejo nutricional y de agua en aguacate de Michoacán. *Rev. Int. Contam. Amb.* 3(28):251-258.