

Caracterización nutrimental edáfica y foliar de huertos con producción de guanábana en Nayarit, México

Soil and foliar nutrimental characterization of orchards with soursop production in Nayarit, Mexico

Eliana Andrea Martínez-Mera¹ , Juan Diego García-Paredes^{2*} , Álvaro Can-Chulim² , Oscar German Martínez-Rodríguez³ , Gregorio Luna-Esquivel² , Elia Cruz-Crespo² , Rosendo Balois-Morales⁴ 

¹Programa de Doctorado en Ciencias Biológico Agropecuarias, Universidad Autónoma de Nayarit, Carretera Tepic-Compostela km 9, 63780, Xalisco, Nayarit, México.

²Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit.

³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Santiago Ixcuintla, Km 6 Entronque Carretera Internacional México-Nogales, 63300, Santiago Ixcuintla, Nayarit, México.

⁴Secretaría de Investigación y Posgrado-Unidad de Tecnología de Alimentos. Universidad Autónoma de Nayarit.

*Autor para correspondencia: digapar@gmail.com

Fecha de recepción:

15 de agosto de 2022

Fecha de aceptación:

29 de octubre de 2022

Disponible en línea:

13 de febrero de 2023

Este es un artículo en acceso abierto que se distribuye de acuerdo a los términos de la licencia Creative Commons.



Reconocimiento-

NoComercia-

CompartirIgual 4.0

Internacional

RESUMEN

La guanábana (*Annona muricata* L.) es un frutal de importancia económica en México. Aunque el estado de Nayarit es el principal productor, es escasa la información del requerimiento nutrimental del cultivo. Sin embargo, es escasa la información del requerimiento nutrimental del cultivo. Con el objetivo de cuantificar el estado nutrimental del cultivo de guanábana, se analizó la fertilidad del suelo y el contenido de macro y micronutrientes foliares en 16 huertos en el estado de Nayarit. Los suelos presentaron variación en el contenido de nutrientes, el N, Mn y B con alto contenido; P, Cu, Fe y Zn mostraron bajo contenido, y las bases K, Ca y Mg con contenido medio. El análisis foliar indicó que la concentración nutrimental foliar de N, P, K, Ca, Mn y B están por debajo del estándar nutrimental; Fe y Mg presentan concentraciones adecuadas, y Zn y Cu están por encima del estándar nutrimental. Aunque el estado nutrimental es diferente en cada huerto, es necesario incrementar los niveles bajos y medios de nutrientes en los suelos y corregir los desbalances nutrimentales foliares que están por debajo del estándar.

PALABRAS CLAVE

Annona muricata, análisis foliar, fertilidad de suelo, macronutrientes, micronutrientes.

ABSTRACT

Soursop (*Annona muricata* L.) is a fruit of economic importance in Mexico. Although the state of Nayarit is the leading producer, there is little information on the nutritional requirement of the crop. With the aim of quantifying the nutritional status of the soursop crop, we analyzed soil fertility and the content of foliar macro and micronutrients in 16 orchards in the state of Nayarit. The soils presented variation in nutrient content: high content of N, Mn and B; low content of P, Cu, Fe and Zn, and medium content of the bases (K, Ca and Mg). The foliar analysis indicated that the foliar nutritional concentration of N, P, K, Ca, Mn and B are below the nutritional standard; Fe and Mg have adequate concentrations, while Zn and Cu are above the nutritional standard. Although the nutritional status is different in each orchard, it is necessary to increase the soil's low and medium nutrient levels and correct foliar nutritional imbalances that are below the standard.

KEYWORDS

Annona muricata, foliar analysis, soil fertility, macronutrients, micronutrients.

INTRODUCCIÓN

La guanábana (*Annona muricata* L.) es un frutal perenne, perteneciente a la familia Annonaceae, con origen en América tropical. Debido a su valor nutricional y características organolépticas, se considera fruto promisorio (Rebouças et al. 2014). México es el principal productor de guanábana del mundo; en 2019, se reportaron 3,612 ha sembradas con una producción de 30,790 t año⁻¹. En el estado de Nayarit, los municipios de Compostela, San Blas, Bahía de Banderas, Tepic y Xalisco registraron 2,456 ha de superficie con un rendimiento promedio de 10.5 t ha⁻¹ (SIAP 2022).

La fertilidad del suelo y la nutrición de las plantas comprende el manejo de elementos nutricionales proporcionados en forma asimilable y en cantidades adecuadas para sus procesos metabólicos y reproductivos (Chater et al. 2020). El análisis químico de suelos estima el nivel de nutrimentos disponibles, así como su capacidad para continuar suministrándolos durante el periodo de crecimiento del cultivo. Sin embargo, no permite evaluar la eficiencia o la suficiencia de la absorción de nutrientes (Shunfeng et al. 2018). Por esto, se requiere el análisis foliar para evaluar la nutrición del árbol, y, así, determinar la concentración necesaria de nutrientes. Consecuentemente, en conjunto, el análisis foliar y edáfico pueden reflejar efectivamente el contenido nutrimental para determinar su estado de suficiencia o insuficiencia, tanto en la planta como en el suelo, lo cual determina la productividad del árbol y la calidad del fruto (Chater et al. 2020).

En México, se diagnosticó el estado nutrimental en frutales como aguacate (Salazar-García et al. 2015), guayabo (Volke-Haller et al. 2017) y guanábana (Vidal-Hernández et al. 2014); para este último cultivo se realizaron comparaciones con los estándares nutrimentales reportados en Brasil y Colombia.

Nayarit no cuenta con estudios de manejo nutrimental en guanábana; en consecuencia, la práctica de fertilización del cultivo es poco común y, cuando se realiza, carece de sustento tecnológico como el análisis de suelo o análisis foliar. Teniendo en cuenta que estos análisis son una herramienta de diagnóstico útil y confiable en la detección de los problemas nutrimentales del frutal, el objetivo de este estudio fue cuantificar el estado nutrimental del cultivo de guanábana y analizar la fertilidad del suelo, así como el contenido de

macro y micronutrientes foliares en 16 huertos en el estado de Nayarit.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio

El municipio de Compostela se localiza en la costa sur del estado de Nayarit, México (21°22' a 20°52' de latitud norte y 104°49' a 105°22' de longitud oeste). El clima es semicálido, con temperatura media anual de 22.9°C. La precipitación media anual es de 1,140 mm; la lluvia es estacional: los meses de julio a septiembre presentan 280 mm de precipitación mensual promedio (CONAGUA 2022). De acuerdo con la condición climática, se presenta déficit hídrico para los suelos durante siete meses (noviembre a mayo), debido a que la lluvia alcanza 13.3 mm de precipitación mensual promedio, lo que genera sequías periódicas; esto, aunado a la erosión eólica e hídrica durante el periodo de lluvia (lluvias fuertes), es uno de los principales limitantes para el uso del suelo, principalmente agrícola (43.3%). Por ello, el cultivo predominante es guanábana bajo condición de temporal.

Diagnóstico nutrimental edáfico

En marzo de 2019, en sitios representativos de distribución del cultivo de guanábana ubicados en los ejidos de El Divisadero, El Tonino, Altavista y Lima de Abajo, pertenecientes al municipio de Compostela, se muestrearon suelos de 16 huertos (Cuadro 1). En cada huerto, se identificaron áreas homogéneas de suelos, y por cada hectárea de superficie se tomaron cinco muestras al azar, en la zona de goteo del árbol, a una profundidad de 30 cm; las submuestras recolectadas se mezclaron para obtener una muestra compuesta de 1 kg de suelo, la cual fue almacenada en bolsa de polipropileno y transportada a temperatura ambiente. Posteriormente, se procesaron en el Laboratorio de Análisis de Suelos de la Universidad Autónoma de Nayarit, siguiendo los lineamientos de la Norma Oficial Mexicana (SEMARNAP 2002).

Los análisis de las muestras se realizaron por triplicado. Las variables evaluadas fueron pH relación 1:2 (suelo:agua), medido con un potenciómetro (Thermo

Cuadro 1. Georreferenciación y características de las áreas muestreadas con cultivo de guanábana ubicadas en el municipio de Compostela, Nayarit, México.

Ejido	Huerto	Ubicación	Edad (años)	Superficie (ha)	Densidad (árboles por ha)
El Divisadero	1	21°08.721'N, -105°12.253'O	4	3.5	625
	2	21°08.329'N, -105°12.624'O	15	1.5	277
	3	21°08.300'N, -105°12.614'O	4	4	330
	4	21°08.595'N, -105.14.010'O	28	1	571
El Tonino	5	21°04.045'N, -105°12.792'O	25	4	400
	6	21°03.4.38'N, -105°11.884'O	23	3	888
	7	21°03.422'N, -105°11.859'O	23	3	400
	8	21°03.360'N, -105°11.747'O	23	3	833
Altavista	9	21°05.950'N, -105°10.274'O	28	2	400
	10	21°05.894'N, -105°10.290'O	5	4	512
	11	21°04.992'N, -105°09.944'O	28	5	204
	12	21°04.959'N, -105°09.853'O	33	2	219
Lima de Abajo	13	21°06.848'N, -105°11.745'O	10	4	277
	14	21°06.161'N, -105°12.003'O	33	1	236
	15	21°06.749'N, -105°12.643'O	20	2.5	190
	16	21°06.718'N, -105°13.404'O	30	1.5	204

Scientific, Orion Star A211[®], Indonesia); contenido de Materia Orgánica (MO), con el método Walkley-Black; Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), con acetato de amonio; textura, por el método de Bouyoucos, y Conductividad Eléctrica (CE), en extracto de pasta saturada, medida con el conductímetro (Hanna HI98304 DiST 4[®], México). En los macronutrientes, se analizó N inorgánico, por Kjeldahl; P disponible, por Bray y Kurtz 1; K, Na y Ca intercambiables, por espectrofotometría de emisión de flama (Cole Parmer 360[®], Reino Unido), y Mg intercambiable, por titulación. Para los micronutrientes, se determinó el B disponible, con el método de Azometina-H; Cu, Zn, Fe y Mn disponibles, mediante extracción con DTPA (SEMARNAT 2002), y cuantificación, con espectrofotometría de absorción atómica (Agilent 240FS AA[®], Estados Unidos).

Muestreo y análisis foliar

Se realizó en mayo de 2019, en etapa vegetativa del árbol de guanábana; por cada hectárea de superficie se escogieron aleatoriamente siete árboles; de la parte media de la copa del árbol (1.8 m de altura aproxima-

damente), en cada uno de los cuatro puntos cardinales, de la tercera y cuarta posición de la rama se tomaron dos hojas completas (lámina y peciolo), sin daños, maduras y activas fisiológicamente. Las muestras se transportaron en bolsas de papel y se mantuvieron en frío (5±2 °C); posteriormente, en el laboratorio de Análisis de Suelos de la Universidad Autónoma de Nayarit, se lavaron con agua destilada y se secaron en horno a 70 °C hasta alcanzar peso constante; finalmente, se procesaron en un molino de acero inoxidable (General Electric 5XBG015D[®], Estados Unidos), con malla 40 (0.45 mm de abertura entre hilos) (Silva de Lima et al. 2007; Yamarte et al. 2009).

Los análisis de las muestras se hicieron por triplicado. A la muestra se le realizó digestión húmeda con ácidos sulfúrico:perclórico (2:1) mezclados. El extracto obtenido se aforó con agua desionizada para analizar macronutrientes: N, por Kjeldahl; P, por el método de amarillo de vanadato-molibdato; K, por espectrofotometría de emisión de flama (Cole Parker 360[®], Reino Unido); Ca, Mg y micronutrientes (Cu, Zn, Fe y Mn), con espectrofotometría de absorción atómica (Agilent 240FS AA[®], Estados Unidos), y B, por el método de

Azometina-H (Alcántar-González y Sandoval-Villa 1999). Los valores de la concentración nutrimental obtenidos se compararon con los valores estándar de referencia propuestos por Andrade (2004) para Brasil (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores estándar de la concentración nutrimental foliar para el cultivo de guanábana en Brasil (Andrade 2004).

Nutriente	Estándar (mínimo-máximo)
Nitrógeno (%)	1.7-2.8
Fósforo (%)	0.14-0.9
Potasio (%)	1.8-2.6
Calcio (%)	1.2-1.8
Magnesio (%)	0.2-0.4
Manganeso (mg kg ⁻¹)	130
Hierro (mg kg ⁻¹)	100
Boro (mg kg ⁻¹)	41-49
Zinc (mg kg ⁻¹)	16
Cobre (mg kg ⁻¹)	10

Análisis de la información

El análisis de la información se llevó a cabo con estadística descriptiva, y se calculó el promedio y desviación estándar para cada parámetro evaluado. Se utilizó el *software R*, versión 3.5.3 (R Core Team 2019).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diagnóstico nutrimental edáfico

Se presentó variabilidad en las características evaluadas (Cuadro 3). De los 16 suelos muestreados, el pH de 87.5 por ciento presentó rango moderadamente ácido (5.0-6.5), y 12.5 por ciento fuertemente ácido (<5) (SEMARNAT 2002). El árbol de guanábana se desarrolla bien en pH ligeramente ácido, entre 5.5 a 6.5 (Pinto et al. 2005), en este estudio 75 por ciento de huertos presentaron características favorables para el desarrollo del frutal.

El contenido de MO fue muy alto en 75 por ciento de los suelos (7.19% promedio) y alto en 25 por ciento (4.77% promedio) (Cuadro 3). Aunque los suelos tropicales son relativamente deficientes en MO como resultado de su rápida descomposición (Rieuwertts 2007), el alto contenido de MO posiblemente se relaciona con

el tipo de suelo (Feozems); éste se desarrolla normalmente bajo un proceso de acumulación de humus, lo que genera suelos ricos en MO (INEGI 2022), y también por aplicaciones de MO en el pasado o por la acumulación del mantillo de las hojas del árbol y frutos caídos en el suelo año tras año (Havlin 2020). Particularmente, esta última característica es asociada con los huertos de edades entre 28 y 33 años, donde se observaron los mayores porcentajes de MO (8.22 % promedio).

La CIC fue baja (5.6-12.7 Cmol⁺kg⁻¹) en todos los huertos (Cuadro 3). La CIC de los suelos es una característica que depende principalmente de la textura del suelo (contenido y tipo de arcilla), el contenido de MO y el pH (Havlin 2020). Los suelos identificados con textura franco arcillo arenosa presentan la CIC de acuerdo con su categorización (5-10 Cmol⁺kg⁻¹). No obstante, aunque se considera que los suelos con textura franco arcillosa pueden presentar una CIC 15-30 Cmol⁺kg⁻¹, el tipo de arcilla es un factor influyente; en estos suelos posiblemente predominan las caolinitas, las cuales tienen baja CIC (5-15 Cmol⁺kg⁻¹), y es un mineral común en suelos de regiones tropicales y subtropicales (SEMARNAT 2002). Se ha reportado que el valor de CIC mayor a 10 Cmol⁺kg⁻¹ es preferible para el crecimiento de las plantas, y en los suelos evaluados 56 por ciento presenta valores adecuados (Chowdhury et al. 2021).

La mayoría de los suelos muestreados son de textura media (~94 %): 50 por ciento correspondió a franco arcillo arenosa y 44 por ciento a franco arcillosa (Cuadro 3). La textura de los suelos analizados es adecuada, a excepción del huerto 2 que reportó un suelo con textura arcillosa, por lo que la retención hídrica puede generar problemas con el desarrollo radicular en la guanábana. Los árboles de guanábana se adaptan a texturas franco arenosa y franco arcillosa (Pinto et al. 2005).

En cuanto a Na, representado como el Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), los resultados muestran que ningún huerto presenta suelo sódico (< 1.34) (Cuadro 3), lo cual indica que el nivel de sodio es adecuado, por lo que no se considera un elemento nocivo y no genera toxicidad en frutales (Castellanos 2000). Finalmente, respecto a la CE, los valores predominantes en los huertos fueron menores a 0.49 dS m⁻¹, los cuales corresponden a suelos con bajo nivel de salinidad (Cuadro 3) (SEMARNAT 2002).

Cuadro 3. Características físicas y químicas de suelos cultivados con guanábana en el municipio de Compostela, Nayarit.

Ejido	Huerto	pH±DE	MO±DE (%)	CIC±DE (Cmol·kg ⁻¹)	Textura	PSI±DE	CE±DE
El Divisadero	1	5.51 ± 0.02	6.88±0.96	9.6±0.27	Cr	0.81 ± 0.17	0.47±0.005
	2	5.58 ± 0.06	7.24±0.22	8.3±1.14	R	0.83 ± 0.16	0.31±0.010
	3	5.38 ± 0.04	5.56±1.04	5.6±2.01	Cra	0.96 ± 0.42	0.26±0.005
	4	5.20 ± 0.01	4.75±0.08	9.7±0.99	Cr	0.91 ± 0.00	0.44±0.005
El Tonino	5	5.64 ± 0.05	6.17±1.07	10.1±0.27	Cr	0.68 ± 1.71	0.16±0.005
	6	5.86 ± 0.03	6.26±0.76	11.9±0.54	Cra	0.49 ± 0.08	0.49±0.010
	7	5.92 ± 0.02	3.94±1.05	10.5±0.61	Cra	0.71 ± 0.18	0.48±0.005
	8	4.93 ± 0.01	4.85±1.09	6.2±1.50	Cra	1.34 ± 0.02	0.24±0.005
Altavista	9	6.03 ± 0.01	6.49±1.15	12.7±1.01	Cr	0.61 ± 0.18	0.38±0.005
	10	5.74 ± 0.03	6.26±0.78	12.0±0.96	Cr	0.73 ± 0.53	0.21±0.005
	11	6.08 ± 0.02	8.63±0.61	13.2±0.51	Cra	0.44 ± 0.13	0.42±0.005
	12	6.32 ± 0.01	8.45±0.39	12.7±2.24	Cra	0.47 ± 0.06	0.56±0.010
Lima de Abajo	13	4.83 ± 0.01	8.45±0.39	9.9±1.74	Cra	0.60 ± 0.11	0.16±0.005
	14	5.88 ± 0.01	7.15±0.16	12.7±1.54	Cra	0.46 ± 0.06	0.33±0.010
	15	5.88 ± 0.01	8.05±0.25	10.7±2.03	Cr	0.68 ± 0.31	0.42±0.010
	16	5.81 ± 0.03	8.78±0.03	9.0±0.32	Cr	0.87 ± 0.17	0.46±0.010

DE: Desviación Estándar; pH: potencial de Hidrógeno; MO: Materia Orgánica; CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico; Textura: Cr: franco arcillosa; R: arcillosa, Cra: franco arcillo arenosa; PSI: Porcentaje de Sodio Intercambiable; CE: Conductividad Eléctrica

La disponibilidad macronutricional en los suelos fue variable (Cuadro 4). En promedio, el contenido de N inorgánico fue muy alto (65.7 mg kg⁻¹) en 50 por ciento de los suelos, seguido por concentraciones altas (51.7 mg kg⁻¹) en 31 por ciento y contenido medio (34.8 mg kg⁻¹) en 19 por ciento. El contenido de P intercambiable fue bajo (8.44 mg kg⁻¹) en 56 por ciento de los suelos, alto (46.4 mg kg⁻¹) en 25 por ciento y medio (20.6 mg kg⁻¹) en 19 por ciento. En el K intercambiable predominó el contenido medio (16.4 mg kg⁻¹) en 38 por ciento de los suelos, concentraciones altas (36.9 mg kg⁻¹) en 32 por ciento, baja concentración (10.1 mg kg⁻¹) en 18 por ciento, y muy baja concentración (6.57 mg kg⁻¹) en 12 por ciento. La concentración de Ca fue media (124 mg kg⁻¹) en 50 por ciento de los suelos, bajo contenido (81.4 mg kg⁻¹) en 38 por ciento y muy bajo contenido (22.2 mg kg⁻¹) en 12 por ciento. Para el Mg intercambiable, predominó el contenido medio (26.3 mg kg⁻¹) en 56 por ciento de los suelos, 25 por ciento con alto contenido (75.4 mg kg⁻¹) y 19 por ciento con bajo contenido (11.1 mg kg⁻¹).

La disponibilidad micronutricional en los suelos fue variable (Cuadro 4). En promedio, el Mn disponi-

ble, en 56 por ciento de los suelos presentó concentración moderadamente alta (18.1 mg kg⁻¹); 25 por ciento, concentración alta (34.7 mg kg⁻¹), y 19 por ciento muy alta concentración (57.2 mg kg⁻¹). El Fe intercambiable prevaleció con bajo contenido (4.3 mg kg⁻¹) en 32 por ciento de los suelos, concentración moderadamente baja (7.01 mg kg⁻¹) en 25 por ciento, concentración media (11.2 mg kg⁻¹) en 19 por ciento, concentración muy baja (2.78 mg kg⁻¹) en 12 por ciento y moderadamente alta (14.4 mg kg⁻¹) en 12 por ciento. El B fue el microelemento con mayor disponibilidad, la concentración fue muy alta (4.92 mg kg⁻¹) en todos los suelos evaluados.

Finalmente, sobresalieron bajas concentraciones para Zn y Cu (Cuadro 4). En promedio, el contenido de Zn intercambiable fue moderadamente bajo (0.92 mg kg⁻¹) en 44 por ciento de los suelos, bajo (0.53 mg kg⁻¹) en 38 por ciento, medio (1.70 mg kg⁻¹) en 12 por ciento y un suelo con muy bajo contenido (0.24 mg kg⁻¹) en el huerto 3. Para el Cu intercambiable, 82 por ciento de los suelos mostraron bajo contenido (0.37 mg kg⁻¹), moderadamente bajo (0.84 mg kg⁻¹) en un suelo

del huerto 16 y muy bajo ($0.15\% \text{ mg kg}^{-1}$) en 12 por ciento de los suelos.

La disponibilidad de nutrientes en los suelos en condiciones naturales está controlada por varios factores, como el clima, el material parental, la meteorización, la actividad microbiana y la capacidad de absorción de raíces. Las interacciones de estos factores establecen la mineralización de la materia orgánica, determinante en la fertilidad del suelo (Martínez-Mera et al. 2021).

Los suelos ácidos ($\text{pH} < 5$) se caracterizan por presentar altas concentraciones de aluminio (Al^{3+}), hierro (Fe^{2+} , Fe^{3+}) e hidrógeno (H^+). Particularmente, el exceso de aluminio soluble (Al^{3+}) en la solución del suelo restringe el crecimiento de las raíces y reduce el suministro de macronutrientes, lo que afecta el desarrollo fenológico de la planta (Rahman et al. 2018). Para neutralizar o incrementar el pH de estos suelos se debe considerar la aplicación de cal agrícola en función del valor del pH, textura del suelo y cantidad de MO, conforme al procedimiento sugerido por Castellanos (2000).

La MO proporciona la mayor cantidad de macronutrientes en el suelo, adicional a las reservas de nutrientes contenidas en la fracción orgánica del mismo; la mineralización de la MO aporta macro y micronutrientes. La cantidad de nutrientes aportados se encuentra en función de las condiciones edafoclimáticas, principalmente por la precipitación, biomasa vegetal, pH y temperatura (Baldock y Nelson 2000). La actividad microbiana del suelo se presenta en un pH entre 5.5 a 8.8; fuera de estos rangos, la mineralización de la MO generalmente disminuye (Havlin 2020). Sin embargo, se han reportado procesos de nitrificación a pH 4.14 (Zebarth et al. 2015), lo cual indica posibles aportes de N en suelos fuertemente ácidos, como se presentó en los huertos 8 y 13.

La solubilidad de la MO está fuertemente influenciada por el tipo de base. En los suelos ácidos con contenidos de Al^{3+} , Fe^{2+} y Fe^{3+} , las concentraciones del carbono orgánico disuelto se mantienen bajas porque los complejos orgánicos de cationes multivalentes no se ionizan fácilmente y tienen una solubilidad relativamente baja; de esta manera, los nutrientes asociados al carbono orgánico disuelto no pueden contribuir de manera importante a la disponibilidad y el ciclo de los nutrientes (Baldock y Nelson 2000).

La CIC de los suelos varía dependiendo del pH, contenido de MO y la cantidad y composición de minerales arcillosos (Neina 2019). En los suelos evaluados predominó pH moderadamente ácido, factor que influye en la baja CIC, pues hay menor cantidad de cargas negativas en los coloides, lo que disminuye la capacidad para intercambiar cationes. Por otra parte, en los suelos con pH fuertemente ácido, el Al^{3+} podría estar disponible como catión en niveles tóxicos y desplazar a otros cationes de los coloides de arcilla o humus. Los suelos con CIC baja son más propensos a desarrollar deficiencias de Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^+ (Chowdhury et al. 2021).

La arcilla caolinita en su estructura presenta capas 1:1, las cuales tienen poca o ninguna carga permanente debido a la baja cantidad de sustitución isomorfa. Consecuentemente, la CIC y las áreas superficiales suelen ser bajas, lo que ocasiona la disminución de la fertilidad del suelo (Rieuwerts 2007). Por el contrario, la MO posee mayor CIC que las arcillas porque sus coloides tienen grandes cantidades de cargas negativas; debido a la mayor capacidad de retención de nutrientes, los aportes de MO al suelo mejoran la fertilidad (Castellanos 2000).

La textura del suelo presenta correlación con otros parámetros químicos que influyen en la fertilidad del suelo: con el pH, determina la cantidad de nutrientes disponibles para las plantas; la CIC depende de la mineralogía de la arcilla. La textura contribuye en la retención de nutrientes y el agua en el suelo; los suelos francos presentan buena capacidad de retención de agua y nutrientes, así como porosidad equilibrada, por lo que permiten buena aireación y drenaje (Moral y Rebollo 2017).

Aunque los micronutrientes en suelos con $\text{pH} < 6$ se encuentran en formas fácilmente asimilables para la planta (Havlin 2020), en más de 50 por ciento de los suelos evaluados los microelementos Cu, Zn y Fe presentaron bajas concentraciones. No obstante, el pH no es el único factor que influye en la solubilidad del metal; la baja CIC debido a las arcillas 1:1 no se considera importante en la retención de microelementos (Rieuwerts 2007); por lo tanto, la CIC puede influir en esta característica, aunque el pH sea adecuado para los micronutrientes. Otro factor que posiblemente está asociado con la baja concentración nutrimental podría ser la extracción del cultivo.

Los micronutrientes Mn y B presentaron altas concentraciones. El pH y el potencial redox influyen en la biodisponibilidad de Mn en los suelos; en la mayoría de los suelos ácidos con un pH bajo (< 5.5) y mayor potencial redox, los óxidos se pueden reducir fácilmente en los sitios de intercambio del suelo, lo que aumenta la concentración de Mn^{2+} soluble, que es la forma predominante en la solución del suelo y está disponible para las plantas (Millaleo et al. 2010). Por otra parte, el alto contenido de B posiblemente se debe al alto contenido de MO, pues ésta forma quelatos con el metal, lo que aumenta la solubilidad y la absorción; ésta es una de las principales fuentes de B en suelos ácidos, debido a que produce una adsorción relativamente pequeña de B en la fracción mineral a niveles bajos de pH (Tlili et al. 2019).

La fertilidad del suelo influye en el comportamiento productivo del cultivo. En esta investigación, los nutrientes presentaron diferentes concentraciones, en los suelos con muy alto o alto contenido de macro y micronutrientes no es recomendable la fertilización, para evitar problemas de toxicidad y contaminación ambiental. En el caso de los niveles medio de N (12% suelos), P (19% suelos) y K (44% suelos), indican que el rendimiento potencial del cultivo se encuentra entre 75-100 por ciento, por lo que una parte baja de los requerimientos nutrimentales del cultivo debe ser complementada con fertilizantes con una probabilidad de respuesta media (25-30%) a la aplicación del fertilizante. En los niveles bajos de N (17% suelos), P (56% suelos); por ello, de igual manera, una parte de los requerimientos nutrimentales del cultivo debe complementarse con fertilizantes con una probabilidad de respuesta alta (25-50%) a la aplicación del fertilizante.

En la zona de estudio, se presenta un periodo de siete meses con precipitaciones muy bajas o nulas; dicho evento genera acumulación de nutrientes en el suelo, lo que aumenta el riesgo de pérdida de nutrientes por lixiviación o erosión durante la temporada de lluvia (Shunfeng et al. 2018). La condición de temporal del cultivo de guanábana indica que el contenido de agua en el suelo depende de la humedad almacenada después de la temporada de lluvia (julio-octubre). Por lo tanto, a medida que el suelo se seca, se produce una disminución significativa en su capacidad para conducir agua hacia las raíces, lo que limita la provisión de agua y nutrientes, y genera una alta acumula-

ción en el suelo (Shunfeng et al. 2018). Dicha relación fue observada para N, Mn y B, los cuales presentaron altas concentraciones edáficas.

Análisis foliares

La concentración macronutricional foliar (%) de guanábana obtenida en esta investigación (Cuadro 5), en promedio, presentó el siguiente orden: $N(1.1)>Ca(0.3)>K=Mg(0.2)>P(0.008)$, en comparación con árboles de Brasil: $K(2.6)>Ca(1.8)>N(1.7)>Mg(0.2)>P(0.14)$ (Andrade 2004); el contraste evidencia que el contenido de macronutrientes foliares de N, P, K y Ca fueron inferiores al estándar mínimo de la concentración nutrimental foliar. Únicamente el Mg presentó rangos iguales o mayores al estándar de referencia en 63 por ciento de los huertos; los otros presentaron rangos inferiores.

Respecto a los micronutrientes ($mg\ kg^{-1}$) (Cuadro 5), en promedio, presentaron el siguiente orden: $Fe(100)>Mn(33.6)>Zn(18.2)>Cu(15.2)>B(3.79)$, en comparación con árboles de Brasil: $Mn(130)>Fe(100)>B(49)>Zn(16)>Cu(10)$ (Andrade 2004); los valores de referencia con los obtenidos en esta investigación presentaron diferencias en el contenido foliar de Mn y B; 100 por ciento de los huertos fue menor al estándar mínimo de la concentración nutrimental foliar. Particularmente, en algunos huertos el contenido de B no fue detectado ($0.0\ mg\ kg^{-1}$). La concentración de Cu fue superior al estándar nutrimental en 100 por ciento de los huertos. Los microelementos Fe y Zn presentaron el mismo comportamiento, con concentraciones menores al estándar en 56 por ciento de los huertos, y en 44 por ciento de los huertos con concentraciones superiores al estándar.

La baja concentración de N, P, K, Ca, Fe, Mn, Zn y B puede estar asociada con deficiencia de nutrientes sin desarrollo de síntomas visuales. Dicha deficiencia de los macronutrientes puede afectar diferentes procesos fisiológicos en el árbol, de acuerdo con el nutriente; el N regula la tasa fotosintética, la síntesis de carbohidratos y la asignación de biomasa en diferentes órganos de la planta. El P forma parte de la estructura del ADN y las proteínas, participa en reacciones químicas y la producción de frutos. El K es necesario para el mantenimiento del potencial osmótico de las células, el transporte de carbohidratos, activación de enzimas y estabilización del pH celular. El Ca forma la pared

celular, participa en la división y elongación celular, regula la permeabilidad de la membrana, así como la apertura y cierre de estomas como mensajero secundario (Mattos et al. 2020).

En relación con los micronutrientes, el Fe participa en el desarrollo y la función de la clorofila, debido a lo cual se acumula en grandes cantidades en los cloroplastos en forma de fitoferritina; por ello, la carencia de esta proteína limita la formación y acumulación de clorofila, lo que disminuye el crecimiento vegetativo, y ocasiona pérdidas de rendimiento y calidad (López-Millán et al. 2013). El Mn participa en la producción de aminoácidos y proteínas, es activador de varias enzimas y participa en el metabolismo del N. Las enzimas vegetales activadas por Zn están involucradas en el metabolismo de los carbohidratos, síntesis de proteínas, regulación de auxina, síntesis y formación de polen y tolerancia al estrés ambiental (Mattos et al. 2020). La baja concentración del B genera inhibición de la expansión de las hojas, alargamiento de las raíces y desarrollo de las flores. Además, el B interactúa en la absorción y translocación de otros nutrientes (N, P, K, Zn, Fe y Cu) en las plantas (Tlili et al. 2019). Posiblemente, la deficiencia de B también afecta la disponibilidad de N, P, K, Fe y Zn, pues estos elementos también se encontraron por debajo del estándar mínimo de referencia. Por el contrario, es posible que la alta concentración de Cu esté relacionada con aplicaciones de plaguicidas a base de Cu para el control de patógenos. Rieuwerts (2007) reporta que niveles altos de Cu y Zn en el suelo pueden deberse a aplicaciones de agroquímicos, actividad posiblemente desarrollada en diferentes huertos.

La variabilidad en la concentración nutrimental foliar es determinada por factores como la dotación genética, el momento fenológico o edad fisiológica de la planta, la disponibilidad de nutrientes en el suelo y las condiciones edafoclimáticas. Particularmente, durante la etapa de floración y fructificación se presenta una mayor demanda de nutrientes (Kotur y Keshava 2016). Es probable que el bajo contenido de N se asocie con la etapa vegetativa del árbol. Los otros nutrientes como P, K, Ca, Mn y B se encontraron en rangos muy bajos en relación con el estándar nutrimental y podrían asociarse con hambre oculta.

Las diferencias en la concentración de nutrientes entre el suelo y la planta posiblemente se relacionan

con el ciclo interno de nutrientes de la planta (Freire-Cruz et al. 2019). Los dos factores más importantes que controlan la removilización de nutrientes son la riqueza de nutrientes del suelo y la vida útil de la hoja. La removilización de un nutriente disminuye con un aumento en la disponibilidad de este nutriente en el suelo. Sin embargo, tal efecto podría esperarse siempre que el gradiente de disponibilidad de nutrientes sea grande (Achat et al. 2018). En este contexto, posiblemente las altas concentraciones de Mn y B en el suelo no satisfacen la demanda nutrimental del cultivo de guanábana, ya que las concentraciones foliares de estos elementos fueron bajas; también podría indicar que no hay un cambio en el estado nutrimental del follaje, debido a un hambre oculta del frutal para estos nutrientes.

CONCLUSIONES

El diagnóstico de los huertos cultivados con guanábana indicó que hay diferencias en la fertilidad del suelo y en el contenido nutrimental foliar. Los suelos presentaron características adecuadas para el desarrollo del cultivo: pH (5.5-6.5) y textura (media), alto contenido de MO (4.77-7.19 %) y sin problemas de salinidad ($CE < 1.43$). La mayoría de los suelos tienen alto contenido de N, Mn y B. Se sugieren prácticas de fertilización para los nutrientes con bajo contenido, como P (56% de los suelos), Ca (50% de los suelos) y Mg (18% de los suelos). Aunque K presentó contenido medio (44% de los suelos), también se sugiere monitorear mediante análisis de suelos las condiciones específicas de cada huerto. En los micronutrientes se identificaron bajas concentraciones de Cu (100% de los suelos), Fe (100% de los suelos) y Zn (88% de los suelos) y donde también es necesaria la aplicación de fertilizantes que contengan estos micronutrientes.

En promedio, la concentración foliar de macronutrientes (%) fue $N(1.1) > Ca(0.3) > K = Mg(0.2) > P(0.008)$, y la concentración de micronutrientes ($mg\ kg^{-1}$) $Fe(100) > Mn(33.6) > Zn(18.2) > Cu(15.2) > B(3.79)$, lo cual indica que el requerimiento nutrimental de guanábana en la zona no cumple con los estándares de referencia. Aunque el estado nutrimental es diferente en cada huerto, es necesario corregir los desbalances nutrimentales foliares que están por debajo del estándar.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por el proyecto "Aprovechamiento del germoplasma. desarrollo tecnológico e innovación en cadenas de valor de anonáceas en México". SAGARPA-CONACyT con clave número 266891. De igual manera, nuestro agradecimiento a Erasmo Maldonado y Raúl Delgado, por su apoyo en las visitas y muestreos en los huertos de guanábana. También a Karline Sánchez, por la colaboración en los análisis de laboratorio.

LITERATURA CITADA

- Achat DL, Pousse N, Nicolas M, Augusto L. 2018. Nutrient remobilization in tree foliage as affected by soil nutrients and leaf life span. *Ecological Monographs* 88: 408-428. <https://doi.org/10.1002/ecm.1300>
- Alcántar-González G, Sandoval-Villa M. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Publicación especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México.
- Andrade LRM. 2004. Corretivos e fertilizantes para culturas perenes e semiperenes. En: Sousa DMG, Lobato E, editores. *Cerrado: correção do solo e adubação*. Planaltina, Embrapa Informação Tecnológica. P. 317-366.
- Baldock JA, Nelson PN. 2000. Soil organic matter. En: Sumner ME, editor. *Handbook of Soil Science*. Boca Raton, CRC Press. P. 25-84.
- Castellanos JZ. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. Intagri. Guanajuato, México.
- Chater JM, Merhaut DJ, Preece JE. 2020. Diagnosis and management of nutrient constraints in pomegranate. En: Srivastava A, Hu C, editores. *Fruit Crops*. Ámsterdam, Elsevier. P. 681-691. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818732-6.00046-0>
- Chowdhury S, Bolan N, Farrell M, Sarkar B, Sarker JR, Kirkham MB, Hossain MZ, Kim G. 2021. Role of cultural and nutrient management practices in carbon sequestration in agricultural soil. En: Sparks DL, editor. *Advances in Agronomy*. Cambridge, Academic Press. P. 131-196. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2020.10.001>
- [CONAGUA] Comisión Nacional del Agua. [internet]. 2022. Resúmenes mensuales de temperaturas y lluvia. [citado 2021 marzo 30]. Disponible en: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>
- Freire-Cruz A, De Almeida GM, Salvador-Wadt PG, De Carvalho-Pires M, Gerosa-Ramos ML. 2019. Seasonal variation of plant mineral nutrition in fruit trees. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 62: e19180340. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2019180340>
- Havlin JL. 2020. Soil: Fertility and nutrient management. En: Wang Y, editor. *Landscape and Land Capacity*. Boca Raton, CRC Press. P. 251-265. <https://doi.org/10.1201/9780429445552>
- [INEGI] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. [internet]. 2022. Carta edafológica Las Varas, Compostela. [citado 2021 abril 3]. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/>
- Kotur SC, Keshava SV. 2016. Nutrient dynamics of annual growth-flush in mango (*Mangifera indica* L.). *Journal of Horticultural Sciences* 5: 75-77.
- López-Millán AF, Grusak MA, Abadía A, Abadía J. 2013. Iron deficiency in plants: An insight from proteomic approaches. *Frontiers in Plant Science* 4: 254. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00254>
- Martínez-Mera E, García-Paredes JD, Corrales-Paternina A, Torregroza-Espinosa AC. 2021. Variability of nitrogen mineralization from organic matter in agricultural soils in the north of Colombia. *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences* 20: e2021073. <https://doi.org/10.12982/CMUJNS.2021.073>
- Mattos D, Kadyampakeni DM, Quiñones-Oliver A, Marcelli-Boaretto R, Morgan KT, Quaggio JA. 2020. Soil and nutrition interactions. En: Talon M, Caruso M, Gmitter FG, editores. *The Genus Citrus*. Sawston, Woodhead Publishing. P. 311-331. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812163-4.00015-2>
- Millaleo R, Reyes-Diaz M, Ivanov AG, Mora ML, Alberdi M. 2010. Manganese as essential and toxic element for plants: Transport, accumulation and resistance mechanisms. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 10: 470-481. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162010000200008>
- Moral FJ, Rebollo FJ. 2017. Characterization of soil fertility using the Rasch model. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 17: 486-498. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162017005000035>
- Neina D. 2019. The role of soil pH in plant nutrition and soil remediation. *Applied and Environmental Soil Science* 2019: 5794869. <https://doi.org/10.1155/2019/5794869>

- Pinto ACdeQ, Cordeiro MCR, Andrade SRM, Ferreira FR, Filgueiras HA, Alves RE, Kinpara DI. 2005. *Annona* Species. University of Southampton. Southampton, Reino Unido.
- R Core Team. 2019. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Rahman MA, Lee S-H, Ji HC, Kabir AH, Jones CS, Lee K-W. 2018. Importance of mineral nutrition for mitigating aluminum toxicity in plants on acidic soils: Current status and opportunities. *International Journal of Molecular Sciences* 19: 3073. <https://doi.org/10.3390/ijms19103073>
- Rebouças A, Barreto Do Prado N, Pereira-Bomfim M, Hojo-Rebouças TN, Alves E, Mendes HT. 2014. Marcha de absorção de nutrientes em anonáceas. *Revista Brasileira de Fruticultura* 36: 176-183. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452014000500021>
- Rieuwerts JS. 2007. The mobility and bioavailability of trace metals in tropical soils: A review. *Chemical Speciation & Bioavailability* 19: 75-85. <https://doi.org/10.3184/095422907X211918>
- Salazar-García S, Álvarez-Bravo A, Ibarra-Estrada ME, Medina-Torres R. 2015. Caracterización del suelo y nutricional de los huertos de aguacate Hass en Nayarit, México. *Journal of the Interamerican Society for Tropical Horticulture* 56: 36-40.
- [SEMARNAT] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. [internet]. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. [citado 2019 febrero 1]. Disponible en: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/w069255.pdf>
- Shunfeng G, Zhanling Z, Ling P, Qian C, Yuanmao J. 2018. Soil nutrient status and leaf nutrient diagnosis in the main apple producing regions in China. *Horticultural Plant Journal* 4: 89-93. <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2018.03.009>
- [SIAP] Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. [internet]. 2022. Anuario estadístico de la producción agrícola del 2019. [citado 2019 marzo 13]. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Silva de Lima RL, Barbosa-Ferreira G, Baller-Weber O, Osvaldo-Cazetta J. 2007. Diagnose foliar da graviroleira (*Annona muricata* L.): efeito da posição de ramos e folhas. *Ciência e Agrotecnologia* 31: 1320-1325. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000500007>
- Tlili A, Dridi I, Attaya R, Gueddari M. 2019. Boron characterization, distribution in particle-size fractions, and its adsorption-desorption process in a semiarid Tunisian soil. *Journal of Chemistry*: 2508489. <https://doi.org/10.1155/2019/2508489>
- Vidal-Hernández L, Sánchez-Viveros G, Vidal-Martínez AV, Castillo-Rocha DG, Chiquito-Contreras RG. 2014. Análisis de suelo y foliar en guanábano (*Annona muricata* L.) en Blanca Espuma municipio de Alto Lucero, Veracruz. *Revista Brasileira de Fruticultura* 36: 150-159. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452014000500019>
- Volke-Haller VH, Sánchez-García P, Cortés-Flores JL, Orozco-Méndez M, Camacho-Blas R. 2017. Rango de suficiencia nutricional foliar para el guayabo (*Psidium guajava* L.), en la región oriente de Michoacán, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 40: 285-297. <https://doi.org/10.35196/rfm.2017.3.285-297>
- Yamarte M, Marín M, Rendiles E. 2009. Contenido foliar de algunos macronutrientes en guanábana (*Annona muricata* L.). *Revista UDO Agrícola* 9: 343-346.
- Zebarth BJ, Forge TA, Goyer C, Brin LD. 2015. Effect of soil acidification on nitrification in soil. *Canadian Journal of Soil Science* 95: 359-363. <https://doi.org/10.4141/cjss-2015-040>

Cuadro 4. Concentración nutrimental de suelos cultivados con guanábana en el municipio de Compostela, Nayarit, México.

Ejido	Huerto	N±DE	P±DE	K±DE	Ca±DE	Mg±DE	Mn±DE	Fe±DE	B±DE	Zn±DE	Cu±DE
		mg kg ⁻¹									
El Divisadero	1	61.0±2.48	6.95±0.73	5.89±0.75	88.8±0.01	85.8±5.15	33.1±0.67	3.95±0.09	4.99±0.35	0.56±0.01	0.56±0.01
	2	52.4±0.01	22.0±1.21	21.7±3.60	111±0.02	22.0±2.47	43.2±4.82	3.28±0.82	5.05±0.55	0.53±0.10	0.26±0.02
	3	61.0±2.49	3.94±0.87	10.4±0.78	66.6±0.02	24.9±2.30	19.0±0.04	2.58±0.36	4.32±0.29	0.24±0.00	0.17±0.00
	4	58.1±1.99	8.51±0.95	13.6±0.01	66.6±0.01	116±5.50	56.8±1.88	6.43±0.32	4.47±0.13	0.83±0.15	0.44±0.02
El Tonino	5	64.9±2.01	5.95±0.25	14.0±0.78	88.8±0.03	34.4±5.42	20.2±1.63	8.16±0.46	4.71±0.21	1.14±0.05	0.44±0.03
	6	69.5±0.02	78.0±1.99	10.6±1.57	133±0.00	23.5±3.48	20.9±1.06	15.1±0.89	5.56±0.53	0.96±0.06	0.48±0.00
	7	58.1±2.03	13.7±1.38	11.7±0.78	88.8±0.02	29.9±1.71	14.5±0.28	7.45±0.25	5.17±0.85	0.80±0.06	0.44±0.01
	8	60.8±2.37	19.0±1.08	9.57±0.01	22.2±0.01	37.5±5.93	13.8±0.40	11.5±0.66	5.45±0.11	0.67±0.38	0.39±0.04
Altavista	9	87.0±0.01	20.9±1.60	44.0±2.83	133±0.01	22.3±2.15	27.8±4.46	6.00±1.20	4.43±0.32	0.69±0.08	0.21±0.01
	10	23.1±0.01	32.8±2.14	33.1±1.57	111±0.02	6.53±1.06	21.3±4.40	4.46±0.28	4.22±0.34	0.44±0.06	0.26±0.01
	11	34.9±0.01	11.5±1.60	39.4±1.36	133±0.02	13.2±4.91	22.7±0.26	5.28±0.55	4.51±0.11	0.88±0.01	0.39±0.04
	12	61.2±2.47	6.96±0.13	43.1±2.07	155±0.02	62.3±4.02	12.6±0.36	4.53±0.08	4.63±0.27	0.65±0.00	0.24±0.01
Lima de Abajo	13	43.6±2.47	4.05±0.44	7.25±0.78	22.2±0.01	23.4±1.37	18.7±0.11	2.99±0.05	4.90±0.54	0.33±0.35	0.14±0.03
	14	46.5±0.01	34.0±2.77	24.9±0.78	111±0.03	36.3±3.71	34.7±2.07	12.7±1.05	4.40±0.06	1.59±0.01	0.56±0.01
	15	34.8±0.02	41.1±1.00	21.7±0.01	111±0.01	13.5±1.03	61.8±14.0	9.93±3.42	5.90±1.61	1.82±0.57	0.56±0.18
	16	61.2±2.47	14.0±0.54	14.9±1.36	88.8±0.00	19.7±1.76	53.1±1.76	13.0±0.13	5.15±0.89	1.18±0.01	0.84±0.01

DE: Desviación Estándar; N: nitrógeno inorgánico; P: fósforo disponible; K, Ca y Mg: potasio, calcio y magnesio intercambiables; Mn, Fe, B, Zn y Cu: manganeso, hierro, boro, zinc y cobre disponibles

Cuadro 5. Concentración nutrimental foliar de huertos de guanábana en el municipio de Compostela, Nayarit, México.

Ejido	Huerto	N±DE	P±DE	K±DE	Ca±DE	Mg±DE	Mn±DE	Fe±DE	B±DE	Zn±DE	Cu±DE
		(%)				mg kg ⁻¹					
El Divisadero	1	1.32±0.06	0.006±0.001	0.29±0.01	0.15±0.03	0.25±0.07	24.8±0.70	106±0.69	14.6±0.35	39.5±0.74	21.5±0.52
	2	1.26±0.13	0.006±0.001	0.38±0.01	0.43±0.02	0.23±0.05	24.0±0.48	109±0.77	10.1±0.35	11.5±0.29	15.4±0.43
	3	1.46±0.10	0.006±0.001	0.45±0.24	0.28±0.02	0.23±0.04	31.1±0.57	160±1.70	8.60±1.70	15.7±0.02	27.6±0.47
	4	1.19±0.05	0.011±0.002	0.16±0.01	0.29±0.03	0.24±0.02	48.3±0.25	85.2±0.71	0	12.0±0.24	11.3±0.79
El Tonino	5	1.17±0.11	0.008±0.002	0.17±0.01	0.44±0.01	0.30±0.01	34.8±0.20	169±3.60	1.24±0.35	19.1±0.22	12.2±0.46
	6	1.41±0.10	0.015±0.001	0.17±0.01	0.35±0.01	0.22±0.01	26.0±0.12	63.4±0.64	0	13.4±1.19	11.8±0.25
	7	0.90±0.03	0.016±0.001	0.17±0.01	0.52±0.01	0.26±0.01	24.3±0.18	56.9±0.43	0	26.1±0.29	19.2±0.44
	8	0.91±0.11	0.019±0.003	0.17±0.01	0.47±0.01	0.24±0.01	32.2±0.11	65.7±0.11	0	10.7±0.23	8.94±0.29
Altavista	9	1.39±0.06	0.008±0.002	0.23±0.08	0.53±0.13	0.20±0.01	36.9±2.11	108±1.11	6.20±1.05	20.9±0.36	15.1±0.18
	10	1.02±0.14	0.008±0.001	0.24±0.02	0.43±0.01	0.14±0.03	72.6±3.17	90.4±2.01	0.74±0.35	11.8±0.26	12.2±0.26
	11	1.13±0.10	0.006±0.002	0.28±0.01	0.44±0.07	0.16±0.01	47.3±0.46	98.0±1.59	0	19.9±0.56	18.7±0.32
	12	1.23±0.04	0.003±0.001	0.24±0.01	0.43±0.04	0.18±0.02	47.9±2.58	88.6±1.84	0	13.7±0.23	17.0±0.27
Lima de Abajo	13	1.32±0.16	0.006±0.001	0.12±0.01	0.43±0.01	0.18±0.02	16.9±0.17	82.7±4.52	7.93±0.21	30.0±2.53	16.3±0.22
	14	1.07±0.05	0.003±0.001	0.18±0.01	0.49±0.03	0.16±0.02	17.3±0.80	96.9±0.34	0	12.3±0.84	6.40±0.17
	15	0.92±0.02	0.006±0.001	0.15±0.01	0.16±0.02	0.13±0.01	30.5±1.18	100±1.34	8.68±0.75	19.6±0.87	16.5±0.26
	16	1.08±0.06	0.006±0.001	0.16±0.01	0.35±0.02	0.21±0.01	23.1±0.67	118±1.79	2.48±0.70	14.4±0.18	13.3±0.18

DE: Desviación Estándar; N: nitrógeno inorgánico; P: fósforo disponible; K, Ca y Mg: potasio, calcio y magnesio intercambiables; Mn, Fe, B, Zn y Cu: manganeso, hierro, boro, zinc y cobre disponibles.