

## Aplicación de abonos orgánicos en el rendimiento y desarrollo radicular en el cultivo de aguacate

José Luis Campos Mariscal<sup>1</sup>  
María Edna Álvarez Sánchez<sup>1</sup>  
Ranferi Maldonado Torres<sup>1§</sup>  
Almaguer Vargas Gustavo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible-Universidad Autónoma Chapingo. (luiscamariscalagro@gmail.com; Edna.alvarez@yahoo.com.mx). <sup>2</sup>Posgrado en Horticultura-Universidad Autónoma Chapingo. Carretera Texcoco-México km 38.5, Chapingo, Texcoco, Estado de México. CP. 56230. (almaguervargas@hotmail.com).

§Autor para correspondencia: ranferimt@yahoo.com.mx.

### Resumen

México es líder mundial en el mercado del aguacate, participa con una producción de 2 029 886 toneladas que representa 34.3% del volumen mundial producido, ubicándolo en el primer exportador con el 45.95% y con el mayor consumo per-cápita, con 10 kg al año). Los rendimientos por hectárea son de 10.1 t ha<sup>-1</sup>, que lo ubican en el cuarto lugar a nivel mundial (SAGARPA, 2017). Se evaluó el efecto de una composta más lixiviado de humus de lombriz más fertilización química en el desarrollo radicular y rendimiento de aguacate. En el experimento se aplicaron tres niveles de composta: 100, 150 y 200 kg árbol<sup>-1</sup>, acompañados de una fertilización química convencional propuesta con base al diagnóstico nutrimental del suelo, la cual fue de 2 kg de la fórmula 20-10-05 por árbol, más 1.5 L de lixiviado en 60 L de agua para cada árbol, equivalente a 300 L ha<sup>-1</sup> por ciclo. El tratamiento control consistió en una dosis de solo 2 kg por árbol de la fórmula convencional 20-10-05 aplicada por el productor sin el suministro de los abonos orgánicos. Los resultados indicaron que el suelo presentó un nivel deficiente de Mn, bajos niveles de N, Fe, Zn y B, un nivel medio de Cu, mientras que el K y Ca se encontraron en niveles altos y el N y Mg en exceso. El desarrollo radicular superficial respondió favorablemente a los tratamientos con aplicación de abonos orgánicos y tuvo correlación directa ( $p \leq 0.05$ ) con el rendimiento, así como con las concentraciones nutrimentales de Mg, Fe, Zn, Cu, B y materia orgánica obtenidas de muestreos de suelo de cada tratamiento.

**Palabras clave:** composta, fertilización, requerimientos nutrimentales.

Recibido: enero de 2020

Aceptado: febrero de 2020

## Introducción

El aguacate (*Persea americana* Mill.) se cultiva principalmente en los estados de Michoacán, Jalisco, Estado de México y Nayarit y es el producto agrícola mexicano que más se exporta siendo de gran importancia para la economía de México (SIAP, 2016). De acuerdo con Salazar-García *et al.* (1999) en el estado de Nayarit se alcanza un rendimiento promedio de 7.7 t h<sup>-1</sup>a en condiciones de temporal y de 11.14 t ha<sup>-1</sup> en condiciones de riego, aunque con buen manejo es posible alcanzar producciones de 28 t ha<sup>-1</sup>; sin embargo, en Puebla los rendimientos promedios son de 5 a 8 t ha<sup>-1</sup>.

Los abonos orgánicos elaborados con materiales locales pueden constituir una alternativa de manejo en el monocultivo de aguacate, ante la alta demanda de fertilizantes de origen químico, cuyos precios elevan de manera importante los costos de producción. Se sabe que la materia orgánica en el suelo contribuye a la agregación de las partículas minerales lo que mejora la estructura, disminuye la erosión y facilita el laboreo del suelo, favorece la porosidad e incrementa la aireación, la penetración y la capacidad de retención del agua (Ramírez *et al.*, 2015).

El tamaño coloidal y de carga negativa del humus retiene cationes esenciales de forma intercambiable. También actúa como agente amortiguador al disminuir cambios bruscos del pH del suelo al suministro de sustancias de reacción ácida o alcalina. Mediante la formación de complejos organometálicos, estabilizan y liberan nutrientes en el suelo que de otra forma no serían aprovechables (Flores *et al.*, 2016). Con la adición de materia orgánica (composta de gallinaza) en dosis de 50 a 100 kg por árbol de aguacate con fertilización mineral aplicada por fertirriego, se mejora la asimilación nutrimental foliar, en lo que respecta a P y K (Figuroa *et al.*, 2012).

Las concentraciones nutrimentales en la hoja son mayores en la fertirrigación, debido a la adición de composta de gallinaza (Téliz, 2007). Por su parte, la aplicación de composta y lixiviado de humus promueven la formación de raíces nuevas contrarrestando el problema de enfermedades de raíz en aguacate. En otro estudio se evaluaron tratamientos de nutrición química y orgánica en árboles de aguacate donde se aplicaron estiércol bovino a razón de 50 kg árbol, la fórmula de 200-100-200 kg ha<sup>-1</sup> de (edáfico) y 30-10-15 kg ha<sup>-1</sup> de Ca-Mg-B (foliar).

Se encontró que, en brotes florales, el tratamiento estiércol + edáfico + foliar (41 brotes/rama) fue mejor que los tratamientos estiércol + edáfico (19 brotes/rama), foliar (9 brotes/rama) y el testigo (21 brotes/rama). Además, con 17 frutos, el tratamiento estiércol + edáfico + foliar superó a los tratamientos de edáfico + foliar (6 frutos), foliar (1 fruto) y al testigo (3 frutos). El tratamiento con estiércol + foliar tuvo la mayor longitud (16 cm) del brote principal, superando a los tratamientos de estiércol + edáfico (7 cm) y foliar (9 cm). El tratamiento edáfico + foliar (75 cm<sup>2</sup>) tuvo mayor área foliar que el testigo (65 cm<sup>2</sup>) y mayor peso de fruto con 2.62 kg por 10 frutos, que fue significativamente mayor que el testigo (1.51 kg por 10 frutos) (Villalva *et al.*, 2015).

Es fundamental conocer los requerimientos nutrimentales particularmente cuando los rendimientos esperados son bajos, para suministrar los elementos esenciales suficientes que promuevan una mayor productividad del sistema de producción de aguacate (Etchevers, 1999). El objetivo del estudio fue evaluar la aplicación de composta y lixiviados de humus de lombriz en variables de rendimiento y desarrollo radicular superficial al ser incorporados en un programa de fertilización en aguacate cv. Hass en Huaquechula, Puebla, para reducir costos e incrementar la productividad.

## Materiales y métodos

El presente estudio se realizó en el año 2015 en un predio con árboles de aguacate de 14 años de edad, plantados a una densidad de 8 x 8 de la localidad de Tlapetlahuaya, municipio de Huaquechula, Puebla. La parcela se ubica a una altitud de 1 640 msnm, con una temperatura media anual de 21.7 °C y precipitación de 931.5 mm. Se colectaron muestras de suelos a una profundidad de 30 cm a partir de la superficie del suelo, en el área de goteo y de 40 submuestras hasta completar 1.5 kg. Con la finalidad de obtener los parámetros requeridos para determinar la fertilidad del suelo las muestras fueron procesadas en el laboratorio de la empresa NutreLab SA de CV analizándose pH, materia orgánica, CE, CIC, Dap, N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu y B, mediante las metodologías indicadas en la NOM-021-2000.

Simultáneamente, el muestreo foliar se realizó colectando de 40 árboles seleccionados al azar hojas maduras, de los 4 puntos cardinales, completamente desarrolladas, 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 (Maldonado, 2002). Las hojas tomadas en cada muestreo foliar se colocaron en bolsas de papel y se transportaron en una hielera hasta su ingreso al laboratorio tomando como referencia lo realizado por Maldonado *et al.* (2007); Maldonado *et al.* (2008). En el laboratorio las hojas fueron lavadas, secadas a 70 °C hasta peso constante, molidas en un molino de acero inoxidable con malla 40.

De la muestra procesada se tomó 0.5 g colocados en un matraz Kjeldal y fue digerida con 4 mL de mezcla diácida (4:1 de ácido sulfúrico y ácido perclórico), más 2 mL de peróxido de hidrógeno (agua oxigenada al 30%), para acelerar la reacción se calentó a 260 °C en una estufa marca Lindenberg SB. Una vez obtenido el extracto se determinaron los elementos N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu y B, mediante las metodologías propuestas por Etchevers (2001). Una vez obtenidos los análisis foliares éstos fueron interpretados mediante el índice de Balance (Kenworthy, 1973).

En el experimento se aplicaron tres niveles de composta: 100, 150 y 200 kg árbol<sup>-1</sup>, acompañados de una fertilización química convencional propuesta con base al diagnóstico nutrimental del suelo, la cual fue de 2 kg árbol<sup>-1</sup> de la fórmula 20-10-05, más 1.5 L de lixiviado en 60 L de agua para cada árbol, equivalente a 300 L ha<sup>-1</sup> por ciclo. El estudio de las raíces superficiales se evaluó mediante la toma de muestras de la zona de goteo de cada árbol mediante excavaciones de 80 cm<sup>3</sup>, las 40 muestras fueron tomadas el día 22 de agosto de 2015, 161 días después de la aplicación de composta y 107 días después de la aplicación de la fertilización química.

Las raíces fueron separadas mediante tamizado del suelo, se registró el peso fresco y después fueron secadas en un horno a 75°C durante 72 h para obtener peso seco en base a la metodología propuesta por Villalva *et al.* (2015). El tratamiento control consistió en una dosis de solo 2 kg árbol<sup>-1</sup> de la fórmula convencional 20-10-05 aplicada por el productor sin el suministro de los abonos orgánicos. La fertilización química se realizó el día 7 de mayo de 2015 y fueron aplicadas en la zona de goteo de los árboles. Se propusieron ocho tratamientos mencionados a continuación donde se consideró como unidad experimental cada árbol de aguacate elegido al azar.

Los tratamientos fueron: dosis convencional, fórmula balanceada con base al análisis de suelos, convencional + 100 kg de composta, convencional + 150 kg de composta, convencional más 200 kg composta, balanceada + 100 kg de composta, balanceada + 150 kg de composta, balanceada + 200 kg de composta, con cinco repeticiones por unidad experimental (árbol). Las variables determinadas fueron: rendimiento de frutos ( $\text{kg árbol}^{-1}$ ), desarrollo radicular superficial por árbol, diagnóstico nutrimental del suelo antes y después de la aplicación de los fertilizantes. Se evaluó el cambio en los parámetros nutrimentales del suelo y se correlacionó la cantidad de nutrientes, rendimiento y desarrollo radicular superficial mediante la matriz de correlaciones de Pearson.

## Resultados y discusión

### Diagnóstico nutrimental del suelo y foliar al inicio del sistema productivo

Con la finalidad de identificar las condiciones nutrimentales y de fertilidad del suelo de la huerta de aguacatero en estudio, se realizó un análisis nutrimental. En el Cuadro 1 se aprecian los parámetros obtenidos en el análisis inicial de suelo. Los resultados indicaron que el suelo presentó un pH ligeramente ácido, muy alto en P, K, Mg y Cu, un nivel bajo de N, Ca, Mn, Zn y B (Ankerman, 1977).

**Cuadro 1. Análisis inicial de la fertilidad del suelo.**

pH	CE ( $\text{dS m}^{-1}$ )	MO (%)	N	P	K	Na	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>
5.92	1.11	3.5	10.5	46.53	237.65	18.4	1879.5	509.7
Ligeramente ácido	Bajo	Medio	Bajo	Muy alto	Muy alto	Bajo	Medio	Muy alto
Fe <sup>+2</sup>	Mn <sup>+2</sup>	Zn <sup>+2</sup>	Cu <sup>+2</sup>	B	CIC ( $\text{cmol}^+ \text{kg}^{-1}$ )	Densidad aparente ( $\text{t m}^{-3}$ )		
(mg $\text{kg}^{-1}$ )								
3.67	2.36	1.04	2.38	0.72	16.25	1.12		
Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Muy alto	Bajo	Medio	Muy bajo		

Mientras que la CIC fue medio y la densidad aparente baja. Esto significó que es necesario restituir los nutrientes deficientes y disminuir la aplicación de elementos que se ubican en exceso para nivel la fertilidad y mejorar el desarrollo del cultivo. El análisis foliar interpretado mediante la técnica de índices de balance Kenworthy, indicaron que los nutrientes Ca, Cu, Mn y B, se encontraron en el follaje en un nivel abajo del normal, mientras que Zn, P y Mg, en el intervalo normal y en exceso Fe, N y K. Con base en estos resultados se encontró correspondencia en el nivel del suelo y el follaje para los nutrientes Ca y Mn.

Por su parte, mientras que K fue alto en el suelo y en el follaje. La no correspondencia entre los nutrientes del suelo y del follaje se puede atribuir a que el agricultor fertiliza foliarmente y algunos que están deficientes en el suelo se ubicaron en alta concentración en el follaje. El alto nivel de Cu en el suelo se debió al aporte de éste en el tronco de los árboles y su acumulación en el suelo, pero que no se absorbió en el follaje.

Se puede apreciar que las altas concentraciones de P, K y Mg en el suelo reflejaron concentraciones normales en el área foliar del aguacate, el Ca se encontró en una concentración media en el suelo, pero no así en el área foliar, lo que podría ser explicado como menciona Kass (2007) porque este nutrimento es considerado como un elemento inmóvil dentro de las plantas. Hay muy poca translocación del calcio en los tejidos conductores del floema y la capacidad para absorber calcio es limitada, porque este es absorbido únicamente a través de los ápices jóvenes de las raíces.

**Cuadro 2. Composición mineral del follaje de aguacate cv. Hass.**

	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B	
	%			mg kg <sup>-1</sup>							
C	4.03	0.13	2.42	0.35	0.57	136.1	127.2	32.6	29.6	64.84	
IB	177.5	88.11	256.9	31.93	100.8	129	74	85.51	73.89	81.33	
	ORN= Ca> Cu> Mn> B> Zn> P> Mg> Fe> N> K										
	Abajo del normal					Normal		Exceso			

C= concentración nutrimental, IB= índice de balance de Kenworthy.

Las concentraciones foliares de Mn, Cu y B coinciden con la baja cantidad de estos elementos en el suelo, al igual que el Zn, que, aunque de forma foliar se encuentra en concentración apenas normal en el suelo tiene una concentración baja.

### Desarrollo radicular superficial

Con la finalidad de ver si existían diferencias significativas por la aplicación de composta como acolchado y promotor de raíces superficiales en aguacate se realizó el análisis de varianza (Anova) que se muestra en el Cuadro 3. Se pudo evidenciar que se obtuvo una significancia de 0.001, lo que demuestra que existe alta significancia en los diferentes tratamientos evaluados en cuanto al resultado del parámetro de desarrollo radical superficial.

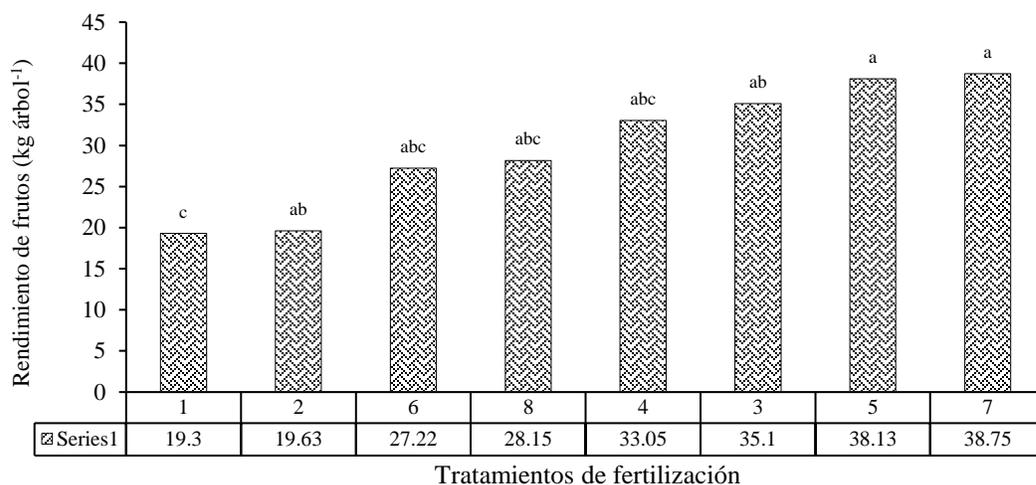
**Cuadro 3. Anova de desarrollo radicular superficial de aguacate cv. Hass.**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1894.709	7	270.673	5.41	0.001
Dentro de grupos	1400.835	28	50.03		
Total	3295.544	35			

Paquete estadístico SPSS 20.

En la prueba de comparación de medias por Tukey se obtuvieron tres subgrupos homogéneos que permiten ubicar los tratamientos con diferencias significativas. Los tratamientos con mayor cantidad de raíces nuevas fueron los que tuvieron niveles de medios a altos de composta aplicada al suelo. Cabe mencionar, que el análisis de varianza resulta con diferencias significativas en todos los tratamientos que tuvieron aplicación de abono orgánico con respecto al grupo control y al tratamiento de balance nutrimental que no contempló el abono orgánico, por lo que se comprueba contundentemente que existe un impacto positivo en el suelo que permitió el desarrollo de raíces nuevas desde la primera aplicación.

El efecto de la materia orgánica sobre el desarrollo radial es atribuible a la influencia de ésta sobre la estructura y agregación del suelo, de factores como 1) fauna del suelo; 2) microorganismos; 3) variables ambientales; 4) agentes cementantes inorgánicos; y 5) las raíces. En los últimos años Six *et al.* (2004); Bronick y Lal (2005) han publicado la relación de la materia orgánica con los sistemas radicales y su relación con la estructura del suelo, en los ecosistemas y la agricultura. También Gregory *et al.* (2006); Hinsinger *et al.* (2009) han publicado la importancia de la dinámica de las propiedades bioquímicas y biogeoquímicas de la rizósfera y su relación con la agregación del suelo.



**Figura 1. 1Prueba de comparación de medias por Tukey para desarrollo radicular.** a, b y c=subconjuntos con diferencias significativas (Tukey  $\leq 0.05$ ).

Como puede apreciarse en la Figura 1 es claro que la aplicación de composta incrementó la cantidad de raíces nuevas producidas por los árboles de aguacate. El desarrollo radicular evaluado puede impactar directamente en el siguiente ciclo de floración y producción de fruto, debido a que habrá una mayor cantidad de raíces con capacidad de absorber nutrientes y nutrir de mejor manera al árbol. La promoción de raíces nuevas podría permitir a árboles con problemas de enfermedades de raíz minimizar sus efectos y aumentar su rendimiento de manera paulatina. Los tratamientos sin aplicación de composta y lixiviados de humus de lombriz quedaron muy rezagados en cuanto a la producción de raíces nuevas.

### Rendimiento de aguacate

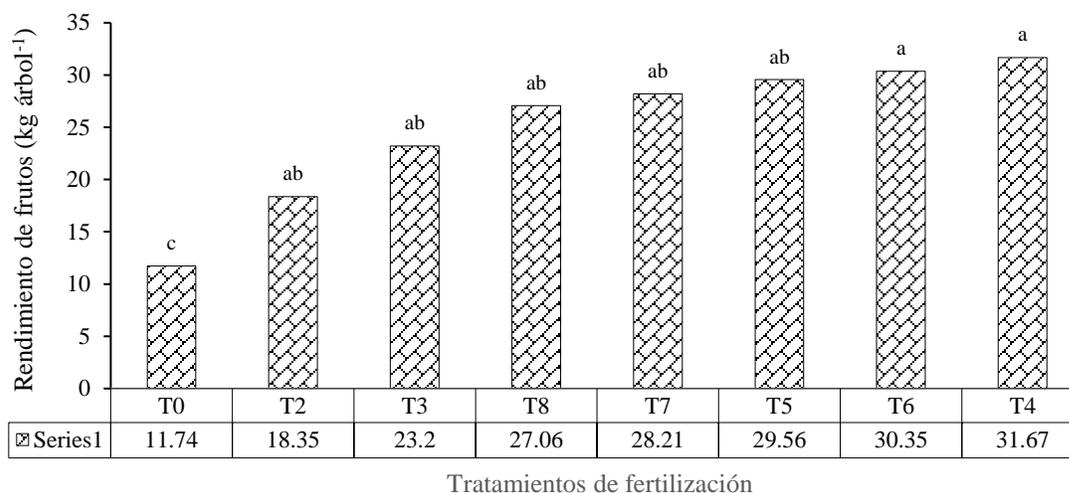
Con los datos obtenidos se realizó la prueba de igualdad de varianzas de Levene y los resultados del Análisis de varianza (Anova) del factor de rendimiento del experimento en cuestión, los cuales se presentan en el Cuadro 4.

**Cuadro 4. Anova de rendimiento de aguacate cv. Hass.**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1445.164	7	206.452	3.1	0.015
Dentro de grupos	1864.55	28	66.591		
Total	3309.714	35			

Paquete estadístico SPSS 20.

Como puede observarse en la Figura 2 existen diferencias significativas entre tratamientos, y con la prueba de Tukey se observan los subconjuntos homogéneos formados. En la Figura 2 se denota que los tratamientos sin aplicación de composta y lixiviado produjeron menos kg de frutos por árbol y por tanto se ubican dentro del subgrupo de menor producción.



**Figura 2. Prueba de comparación de medias por tukey para el rendimiento de aguacate cv. Hass.** Datos con letra distinta presentan diferencias significativas (Tukey  $\leq 0.05$ ).

Con la prueba de Tukey se obtuvieron dos subgrupos homogéneos donde se apreciaron diferencias significativas entre el tratamiento 1 (testigo) y el tratamiento 6 y 4, de 100 y 150 kg de aplicación de composta respectivamente. Se resalta que el mayor rendimiento fue en los tratamientos con niveles medios de aplicación de composta. El rendimiento por tratamiento evaluado muestra en la Figura 2, que el comportamiento de esta variable fue superior donde hubo aplicación de composta, pero en niveles medios, esto debido posiblemente a que aplicaciones altas de composta repercutan en la retención temporal de nutrientes al árbol que influyan en rendimientos menores en el corto plazo.

### Correlaciones de parámetros nutrimentales con medias de rendimiento y desarrollo radicular superficial

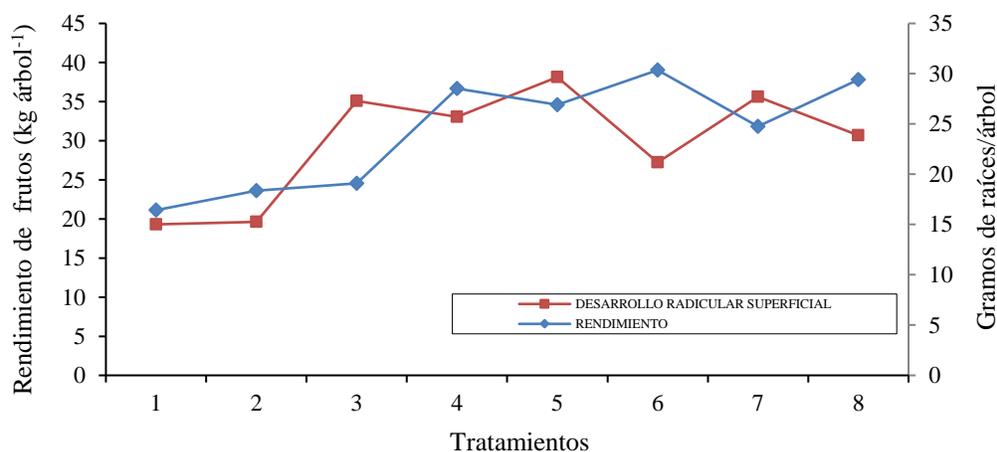
La matriz de correlaciones de Pearson que se muestra en el Cuadro 5, arrojó diferencias que reportan significancia respecto a las medias obtenidas de rendimiento y desarrollo radicular del diseño experimental evaluado y su relación con la cantidad en el suelo de nutrientes específicos. Las correlaciones de rendimiento con los datos nutrimentales obtenidos en los muestreos finales del experimento y que presentan algún tipo de correlación.

**Cuadro 5. Correlaciones concentración nutrimental-rendimiento.**

Variable	Concepto	Desarrollo radicular	K	B
Rendimiento	Correlación	0.727*	0.7	0.762*
	Sig. (bilateral)	0.041	0.053	0.028
	N	8	8	8

Se aprecia que el rendimiento presentó una correlación positiva con el desarrollo radicular; es decir, que a mayor cantidad de raíces la planta absorbió de mejor manera los nutrientes necesarios para aumentar el rendimiento de los frutos. De igual manera el B presentan una correlación positiva con el rendimiento considerando una significancia de  $\alpha= 0.05$ . El K estuvo muy cerca de presentar significancia con el parámetro de rendimiento.

Por su parte la Figura 3, muestra una tendencia positiva con el incremento en el desarrollo de raíces promovido por la fertilización de tipo orgánica en combinación con los nutrientes minerales. Se ha determinado que las sustancias húmicas y fúlvicas favorecen el crecimiento de la planta directamente a través de los efectos fisiológicos y nutricionales. Algunas de estas sustancias funcionan como hormonas naturales de las plantas (auxinas y giberelinas) y son capaces de mejorar la germinación de las semillas, la iniciación radical y pueden servir como fuente de nitrógeno, fósforo, azufre y micronutrientes.



**Figura 3. Correlación entre rendimiento y desarrollo radicular.**

Con materia orgánica se mejoran las características físicas como porosidad, retención de agua, permeabilidad, etc. y se estimula la flora microbiana que a su vez facilita la transformación de los compuestos del suelo en nutrientes disponibles como el Zn, Cu y B para los cultivos.

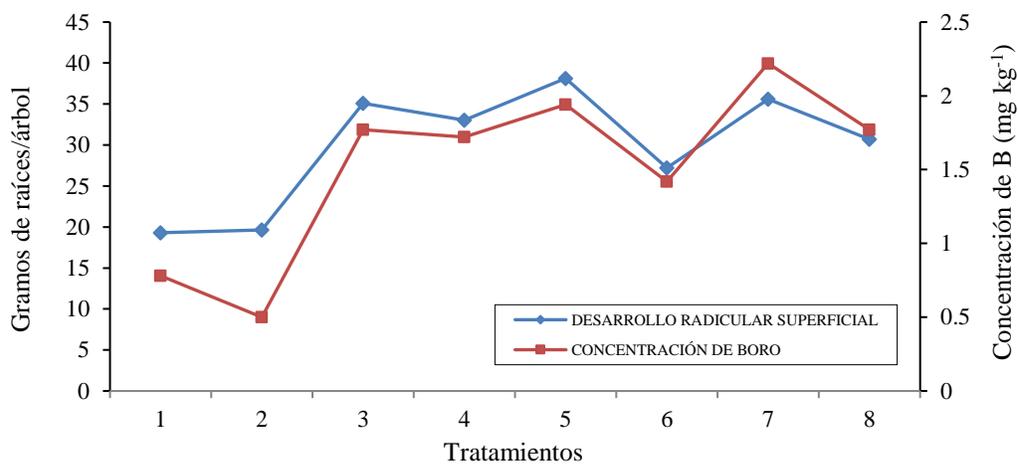
En el Cuadro 6 se puede apreciar que hubo una correlación positiva con C, Materia Orgánica, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu y B. Este resultado coincide con Yamada (2000) quien menciona que el Ca y el B son nutrientes de fundamental importancia para el desarrollo de las yemas apicales y de las puntas de las raíces. Sin estos nutrientes se detiene el crecimiento de nuevos brotes y el de nuevas raíces y para que se desarrolle un buen sistema radicular es preciso que el B esté en cantidades adecuadas en el sitio mismo donde crecen las raíces ya que actúa simultáneamente con el Ca.

**Cuadro 6. Correlaciones concentración nutrimental-desarrollo radicular superficial.**

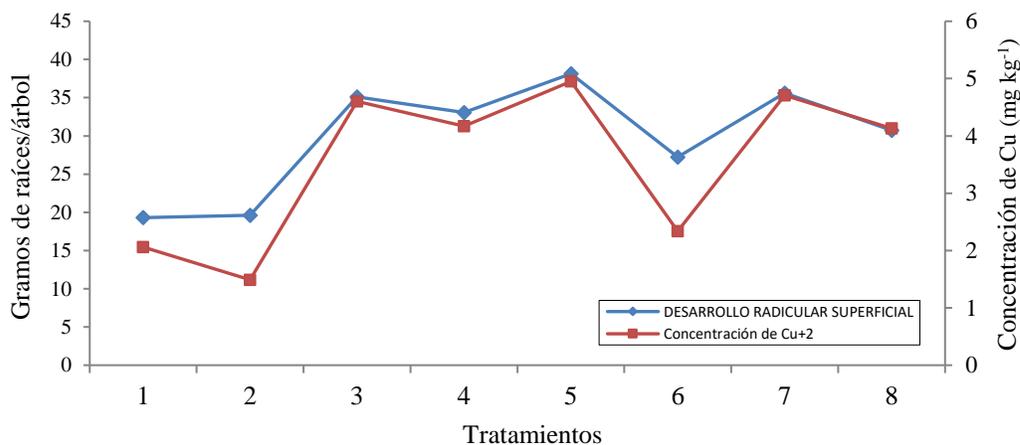
Variable	Concepto	Rendimiento	C	MO	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	B
Desarrollo radicular	Correlación	0.727*	0.742*	0.741*	0.7	0.849**	0.758*	0.847**	0.933**	0.941**
	Sig. (bilateral)	0.041	0.035	0.035	0.053	0.008	0.029	0.008	0.001	0
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8

Liderman (1989) menciona que con incrementar la materia orgánica en el suelo hay un incremento en la concentración de nutrimentos y en las poblaciones microbianas y que ofrece al suelo una aireación y capacidad de drenaje que evita un exceso de agua, lo cual da las condiciones necesarias para un óptimo desarrollo radicular. Las aplicaciones de composta y lixiviados de humus de lombriz contenían cantidades importantes de microelementos, que en general elevaron el nivel de estos últimos en el suelo de todas las unidades experimentales evaluadas a las que se aplicaron.

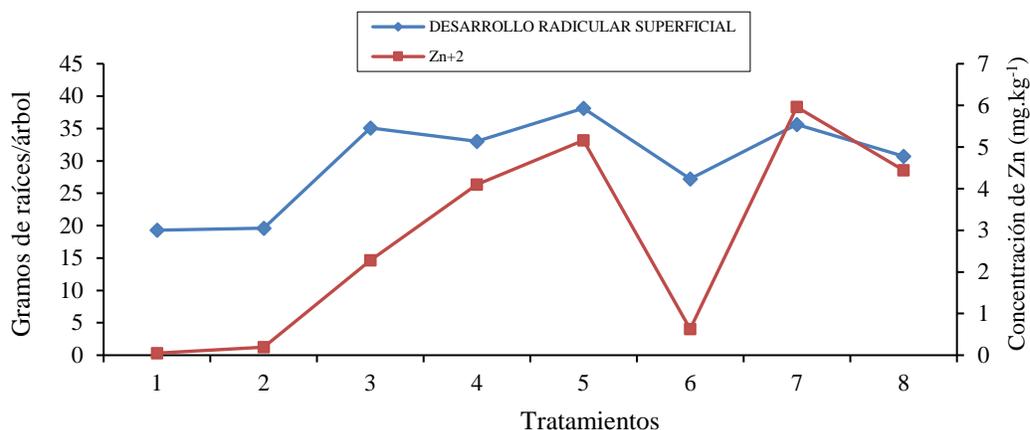
En la Figura 4 se puede apreciar la alta correlación que tuvo el desarrollo radicular superficial con las concentraciones de B en los diferentes tratamientos. El patrón de la línea de las gráficas es muy similar entre ambos parámetros. De igual manera el Cu y Zn presentaron los mismos patrones de correlación con el desarrollo radicular (Figura 5 y 6).



**Figura 4. Correlación entre desarrollo radicular y concentración nutrimental de B en el suelo posterior a los tratamientos de fertilización aplicados.**



**Figura 5. Correlación entre desarrollo radicular y concentración nutrimental de Cu<sup>+2</sup> en el suelo posterior a los tratamientos de fertilización aplicados.**



**Figura 6. Correlación entre desarrollo radicular y concentración nutrimental de Zn<sup>+2</sup> en el suelo posterior a los tratamientos de fertilización aplicados.**

La correlación entre la producción de raíces y absorción de nutrientes se asocian a la baja movilidad del cobre y Zn en el suelo, así mismo a la contribución de las raíces muertas en el aporte de nutrientes. Por ejemplo, se ha determinado que la cosecha de los cultivos, el C almacenado derivado de las raíces alcanza 50% del C total, mientras tan sólo 13% corresponde a biomasa aérea (Gale *et al.*, 2000a).

Las raíces están influenciadas por el suelo en que viven, de manera que cuando el suelo está compactado o tiene bajo contenido de nutrientes o el agua es limitada o hay otros problemas, las plantas no crecerán bien. La presión física de las raíces creciendo a través del suelo ayuda a formar agregados con las partículas vecinas. Cuando el material vegetativo es devuelto al suelo, se convertirá en la fuente primaria de alimento para las bacterias, hongos y las propias plantas.

## Conclusiones

El diagnóstico del suelo señaló al N, Fe, Mn, Zn y B como los más limitativos, al Ca en concentración media y al P, K, Mg y Cu como los de más alta concentración. El diagnóstico foliar mediante el método de Balance Kenworthy señaló que este orden de requerimiento nutrimental Ca > Cu > Mn > B > Zn > P > Mg > Fe > N > K, siendo el Ca, Cu y Mn los más limitativos, mientras que el N y K los de mayor concentración, habiendo poca correlación entre el suelo y el follaje debido a la fertilización foliar que se realiza en el huerto de aguacate.

La aplicación de abonos orgánicos como composta y lixiviado de humus de lombriz suple de manera parcial la demanda nutrimental del cultivo de aguacate, pero debe ser considerada como complemento de un manejo más holístico del sistema productivo, además como enmiendas mejoradoras de la fertilidad del suelo que permitirán en un corto a mediano plazo mejorar las características productivas. Respecto al rendimiento del cultivo de aguacate, podemos deducir que la aplicación de abonos orgánicos no actúa de manera inmediata en el sistema en este aspecto productivo, sino que va generando las condiciones necesarias para mejorar la productividad en ciclos posteriores, como se apreció en el desarrollo radicular superficial evaluado, la CIC y la correlación con la absorción de Cu, Zn y B.

En desarrollo radicular superficial se apreció una respuesta favorable en los tratamientos en los cuales los abonos orgánicos formaron parte, por lo que se puede concluir que si existe un efecto en esta variable analizada. Dicho desarrollo radicular permitirá un mejor aprovechamiento de los nutrimentos del suelo, mayor rendimiento y una mejor sanidad respecto a problemas de enfermedades de raíz.

### Literatura citada

- Ankerman, D. and Large, R. 1977. Soil and plant analysis. A & L Agricultural Laboratories. Memphis, TN, USA. 80 p.
- Bronick, C. J. and Lal, R. 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma*. 124(1):3-22.
- Etchevers, B. J. 2001. Manual de procedimientos analíticos para análisis de suelos y plantas del laboratorio de fertilidad de suelos. IRENAT. Colegio de Posgraduados. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Montecillo, Estado de México.
- Etchevers, B. J. D. 1999. Técnicas de diagnóstico útiles en la medición de la fertilidad del suelo y el estado nutrimental de los cultivos. *Terra Latinoam*. 17(3):209-219.
- Figueroa-Barrera, A.; Álvarez-Herrera, J.; Forero, A.; Salamanca, C. y Pinzón, L. 2012. Determinación del nitrógeno potencialmente mineralizable y la tasa de mineralización de nitrógeno en materiales orgánicos. *Temas Agrarios*. 17(1):32-43.
- Flores, P.; Lima, J.; Santana, J.; Reino, L.; Beja, P. and Moreira, F. 2016. An applied farming systems approach to conservation-relevant agricultural practices for agri-environment policy design. *Land Use Policy*. 58(1):165-172.
- Gale, W. J.; Cambardella, C. A. and Bailey, T. B. 2000a. Surface residue-and root-derived carbon in stable and unstable aggregates. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64(1):196-201.
- Gregory, P. J. 2006. Roots, rhizosphere and soil: the route to a better understanding of soil science? *Eur. J. Soil Sci.* 57(1):2-12.
- Hinsinger, P.; Bengough, A. G.; Vetterlein, D. and Young, I. M. 2009. Rhizosphere: biophysics, biogeochemistry and ecological relevance. *Plant Soil* 321(1-2):117-152.
- Kass D. C. L. 2007. Fertilidad de suelos. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José Costa Rica. 233 p.
- Kenworthy, A. L. 1973. Leaf analysis as an aid in fertilizing orchards. *In*: Walsh, L. M. and J. D. Beaton (eds.) Soil testing and plant analysis. Soil Sci. Soc. Amer. Madison WI. 381-392 pp.
- Linderman, R. G. 1989. Organic amendments and soil-borne diseases. *Canadian J. Plant Pathol.* 11(2):180-183.
- Maldonado, T. R. 2002. Diagnóstico nutrimental para la producción de aguacate Hass. Fundación Produce de Michoacán A.C. México. 74 p.
- Maldonado, T. R.; Álvarez, S. M. E.; Almaguer, V. G.; Barrientos, P. A. F. y García, M. R. 2007. Estándares nutrimentales para aguacatero "Hass". Universidad Autónoma Chapingo (UACH). *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 13(1):103-108.
- Maldonado, T. R. G.; Almaguer, V. M. E.; Álvarez, S. E. y Robledo S. 2008. Diagnóstico nutrimental y validación de dosis de fertilización para limón persa. *Terra Latinoam*. 26(4):341-349.
- NOM-021-SEMARNAT-2000. 2000. Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Secretaria de medio ambiente y recursos naturales. México, DF.

- Ramírez, M. G., Chávez-García, M. A. y Mejía-Carranza, J. 2015. Evaluación de un vermicompost y lixiviados en Solidago x hybrida, y mineralización de C orgánico en incubaciones aerobias. *Phyton. Rev. Inter. Bot. Exp.* 84(1):397-406.
- SAGARPA. 2017. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Aguacate Mexicano: planeación agrícola 2017-2030. Ciudad de México. 13 p.
- Salazar, G. S.; I. Lazcano, F. 1999. Diagnóstico nutrimental del aguacate “hass” bajo condiciones de temporal. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 5(1):173-184
- SIAP. 2016. Servicio de información Agroalimentario y Pesca. Atlas Agroalimentario 2016. SAGARPA, México. Primera edición. 236 p.
- Six, J. H.; Bossuyt, S.; Degryze, and Denef, K. 2004. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil Tillage Res.* 79(1):7-31.
- Téliz, O. D. y Mora, A. 2007. El aguacate y su manejo integrado. Ediciones Mundi-Prensa. México DF. 320 p.
- Villalva, M. A.; Damián, N. A.; González, H. V. A.; Talavera, M. O.; Hernández, C. E.; Palemón, A. F.; Díaz, V. I G. y Sotelo, N. H. 2015. Nutrición química y orgánica en aguacate Hass en Filo de Caballos, Guerrero, México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 11(6):2177-2182.
- Yamada, T. 2000. Boro: ¿será que estamos aplicando a dose suficiente para o adecuado desenvolvimento das plantas? *POTAFOS. Informacoes Agronomicas* 90(6):1-5.