



Nutrición orgánico-biológica del aguacatero (*Persea americana*, Mill) cultivar Hass en Michoacán

Luis Mario Tapia Vargas¹
Anselmo Hernández Pérez¹
Magali Ruiz Rivas¹
Adelaida Stephany Hernández Valencia^{2*}

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Uruapan.

² Colegio de Postgraduados. Instituto de Fitosanidad

*Autor para correspondencia: hernandez.adelaida@colpos.mx

La Sierra Purépecha presenta condiciones óptimas para el cultivo del aguacate “Hass”, debido a su clima fresco con una temperatura mínima promedio de 6° C, y la máxima promedio es de 25° C., y suelo muy permeable. Sin embargo, el suelo posee baja fertilidad natural y ante el alto precio de los fertilizantes industriales el manejo orgánico-biológico de la nutrición, es factible de implementar, además, se mejora la fertilidad del suelo, protege al ambiente y favorece el reciclaje de residuos orgánicos.

Andosoles de la Sierra Purépecha

Los suelos del Eje Neovolcánico, son de baja fertilidad, su origen de cenizas volcánicas recientes en términos geológicos, les confieren bajos contenidos de arcillas por lo que tienen una capacidad de retención de nutrientes muy baja, aunado a esto, las altas precipitaciones registradas en esta región (de 1,000 a 2,000 mm anuales), originan un lavado continuo de los nutrientes del suelo, por la alta conductividad hidráulica del suelo que puede alcanzar hasta 80 mm/hora. Ante el incremento en los costos de los fertilizantes minerales y la rapidez de descomposición de la materia orgánica del suelo más de 2% anual, es importante considerar el uso de fertilizantes orgánicos y biológicos como una forma de incrementar la fertilidad del suelo y mantener una buena nutrición al cultivo y su productividad.

Los suelos del Eje Neovolcánico son de forma natural de baja fertilidad, su origen de cenizas volcánicas recientes en términos geológicos.

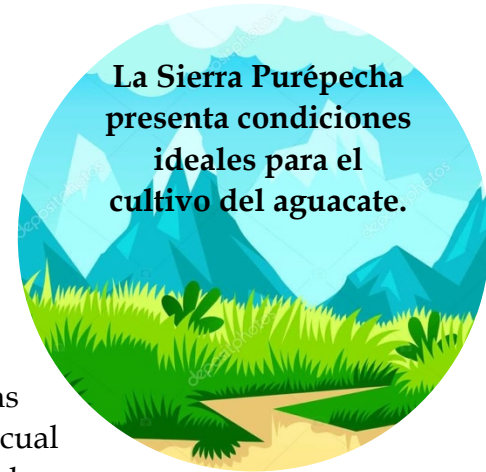




La materia orgánica puede contener entre 97 y 99% del nitrógeno total del suelo y la mayoría de los nutrientes en tejido vegetal, están directamente relacionados con materia orgánica del suelo (Núñez, 2016).

Antecedentes

Hasta 1960 la agricultura de la Sierra Purépecha, estaba compuesta por cultivos anuales como maíz, trigo, a menor escala hortalizas como jícamas, crucíferas y frutales (duraznos y aguacate criollo), donde a partir de los 60's, tras el descubrimiento del material segregante "Hass" en California (USA), se presentó una expansión del cultivo en el estado de Michoacán con 17 y 59 mil ha en 1970 y 1980, respectivamente (Martín, 2016). Este crecimiento se mantuvo una tasa de 20 mil ha por década, hasta el año 2020 que alcanzó las 150 mil ha. Las plantaciones se realizaron a expensas de suelos derivados de cenizas volcánicas de baja fertilidad, lo cual limita la absorción de nutrientes y el crecimiento de las raíces a los primeros 40 cm de profundidad del suelo y raíces de sostén hasta 1.40 m (Fig. 1). Esto hace indispensable el suministro de nutrientes al árbol de aguacate con el fin de mejorar su rendimiento y calidad del fruto.



La Sierra Purépecha presenta condiciones ideales para el cultivo del aguacate.

Importancia de la nutrición del aguacatero

El cultivo del aguacate extrae en promedio por cada tonelada de fruto producido alrededor de 2.5 kg de nitrógeno, 0.5 kg de fósforo, 3.5 kg de potasio y menos de 1.0 kg de Calcio, Magnesio, Azufre, Zinc, Hierro, Boro, de cada elemento, pero también esenciales para una correcta nutrición del aguacatero, dentro del manejo convencional estos elementos se proporcionan al árbol por medio de fertilizantes minerales. Hasta la guerra del Golfo Pérsico en 2007, los fertilizantes minerales eran relativamente baratos y subieron 1000 %. Al terminar la guerra bajaron los precios, pero no al nivel anterior a la guerra, se quedaron a un 450% por encima del valor de US 9.00 por bulto de 50 kg al consumidor hasta 2007, es decir, US \$31.00 por bulto de 50 kg, a partir de 2009, permaneció en ese precio hasta 2022 por la guerra de Ucrania otra vez incrementó su precio, ahora en 2024 vale US \$64.00 por bulto, al público.

La materia orgánica contiene de 97 a 99% del nitrógeno total del suelo y la mayoría de los nutrientes en tejido vegetal.



Figura 1. Distribución del sistema radicular del aguacatero, raíces absorbentes primeros 40 cm del suelo, raíces de anclaje hasta 1.40 cm de profundidad.

Fertilizantes bio-orgánicos

El manejo a largo plazo de la biofertilización es benéfico para el suelo, contiene todos los nutrientes que el cultivo requiere, los libera lentamente, activa la microflora del suelo, limita la acción de la microflora perjudicial, libera hormonas inductoras del crecimiento radicular. También, retiene humedad del suelo y nutrientes que de otro modo serían lixiviados, aporta amortiguamiento contra compuestos químicos contaminantes, proporciona energía y mejoramiento de las propiedades físicas del suelo, origina la formación de humus (Krull *et al.*, 2018). Los micro-organismos en suelos con alto contenido de materia orgánica, viven y actúan sobre este componente del suelo, liberando nutrientes y coadyuvando a proporcionar vida al suelo, mejorando el entorno para el crecimiento de las raíces del aguacate por la floculación del suelo producto de la actividad microbiana.



Los micro-organismos en los biofertilizantes actúan como fitoestimulantes para la germinación y el desarrollo del sistema radicular, al mejorar las propiedades físicas del suelo, además participan en la remediación del suelo al degradar residuos tóxicos, control de patógenos del suelo y la resistencia del cultivo a estrés biótico o abiótico. También hay un aporte importante de nutrientes los cuales, aunque sea en bajas cantidades, el empleo constante es un catalizador de la vida microbiana y de la liberación indirecta de nutrientes, por la actividad biológica (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis de nutrientes de diferentes bio-fertilizantes y su aporte a la nutrición del cultivo.

Elemento	Lombricomposta (ppm)	Fermento orgánico (ppm)	Extracto de pescado (ppm)
Materia orgánica (%)	57.3	55.1	44.8
Carbono	21.4		
Nitrógeno	1.8	1.4	5.8
P ₂ O ₅	2.3	0.3	2.1
K ₂ O	0.95	1.2	2.9
Calcio	6.23	0.8	0.4
Mg	0.70	0.5	0.13
Fe (ppm)	750	421	350
Relación (C/N)	11.9	15.4	17.2

La producción de lombricomposta y en general de biofertilizantes no requieren grandes espacios (Fig. 2). Un horno de 1 m de ancho por 3 m de largo es suficiente para producir lixiviados de lombriz rico en elementos nutritivos 225 ppm de N-NO₃, 1.5 ppm de Fósforo, y 65 ppm de potasio. Produce 20 L/día y la aplicación de estos productos puede realizarse con fertirriego o directamente a la zona radicular del árbol.





Figura 2. Horno de composta y lixiviados de lombriz.

Formas de fertilización bio-orgánica

En aguacate se han realizado diversos estudios en Michoacán con la aplicación foliar o edáfica de diferentes compuestos bio-orgánicos, donde la respuesta es sorprendente pues se puede sustituir hasta en 100% el uso de fertilizantes químicos y en caso de que sea necesario usarlos, la eficiencia de la fertilización se incrementa pues la mayor densidad radicular, producto del mejoramiento de las propiedades físicas del suelo, se mejora la asimilación de nutrientes, pues están en solución y de forma asimilable, estos biofertilizantes son agregados con hongos (*Trichoderma harzianum*, *Glomus intrarradices*) y bacterias benéficas (*Bacillus subtilis*, *Azospirillum brasilense*).



Respuesta a la Fertilización biorgánica

En Michoacán se han desarrollado investigaciones de fertilizantes bio-orgánicos tales como; lixiviados de lombriz, supermagro, bocashi y estos han tendido resultados muy alentadores mejorando desde la concentración de clorofila en las hojas y por consiguiente el peso y rendimiento de fruto en huertos con altas densidades, superando en algunos tratamientos los valores que registra el testigo con fertilización solamente química (Cuadro 2).

Cuadro 2. Respuesta a la fertilización bio-orgánica en aguacate de Michoacán.

Tratamiento	Unidades SPAD	Peso medio fruto (g)	Rendimiento (kg/árbol)
Ácidos Orgánicos + Bacterias benéficas	59.7ab	245.7 a	52.4 a
Ácidos orgánicos + Micorrizas	53.4 b	224.6 a	47.7 ab
Fermentos orgánicos	67.8 a	252.1 a	49.2 ab
Extracto de Pescado	49.6 b	248.1 a	48.4 ab
Lombricomposta	52.1 b	227.3 a	44.1 ab
Composta maíz	47.6 b	231.4 a	40.3 b
Manejo convencional	59.8 ab	217.4 a	51.6 ab
Tukey 5%	10.4	57.8	7.9

Nota: cantidades con la misma letra, iguales estadísticamente ($P \geq 0.95$)

La disponibilidad de nutrientes en la solución del suelo, se observa claramente que el testigo presenta mejores valores de elementos nutritivos disponibles (Cuadro 3). Sin embargo, aún en menor cantidad los biofertilizantes presentan valores aceptables permaneciendo constantes durante un ciclo completo de nutrición. En otro tipo de análisis nutricional, el extracto celular de peciolo, los nutrientes ya asimilados, presentan valores más bajos que la fertilización química, aunque parecen ser suficientes para la productividad del aguacate, como se observa en el rendimiento de fruto, por lo que parece ser, que en realidad no importa mucho una gran cantidad de nutrientes en el suelo, sino que permanezcan, aunque sea en bajas cantidades, siempre constantes en el suelo.

El cultivo del aguacate extrae en promedio por cada tonelada de fruto producido 2.5 kg de nitrógeno, 0.5 kg de fósforo, 3.5 kg de potasio.



Cuadro 3. Evaluación de la nutrición de la solución del suelo y el contenido nutricional del extracto celular de peciolo de aguacate en Michoacán 2020-2022.

Tratamiento	Solución del suelo					Extracto celular de peciolo		
	pH	CE (dS m ⁻¹)	N-NO ₃ (ppm)	P (ppm)	K (ppm)	N-NO ₃ (ppm)	P (ppm)	K (ppm)
Ácidos Orgánicos + Bacterias benéficas	7.7	0.59	199	1.78	100	204	0.35	2150
Ácidos orgánicos + Micorrizas	7.4	0.61	165	1.85	126	199	0.38	2040
Fermentos orgánicos	7.6	0.55	175	1.67	131	205	0.34	2175
Extracto de Pescado	8.1	0.67	199	1.84	115	210	0.40	2085
Lombricomposta	6.8	0.74	184	1.56	124	189	0.37	1980
Composta maíz	7.2	0.75	156	1.68	116	210	0.31	1990

Conclusiones

Los fertilizantes bio-orgánicos son una opción aceptable para el manejo nutricional del cultivo, son consistentes en el tiempo, proporcionan un adecuado nivel nutricional disponible en la solución del suelo, los rendimientos de fruto son competitivos, sobre todo en huertos de altas densidades y pueden reducir el impacto del manejo de la fertilización química, pues contribuyen a mantener el suelo productivo y en condiciones de manejo ecológico de menor daño ambiental. Sin embargo, se requiere mayor investigación en cuanto a medir la actividad biológica del suelo por el uso de los bio-orgánicos, evaluar la estructura del suelo, el aporte a la densidad radicular, la eliminación de residuos tóxicos y algunas variables fisiológicas como la fotosíntesis y los cambios en el metabolismo.



El manejo a largo plazo de la biofertilización es benéfico para el suelo.



Literatura Revisada

Krull E.S., Skjemstad, J.O., Baldock, A.J. 2018. Functions of soil organic matter and the effect on soil properties. Grains Research and Development Corporation. Researchgate.net 129 p.

Martín, C.M.L. 2016. La formación histórica del sistema de innovación de la industria del aguacate en Michoacán. Tzintzun 63:269-304

Núñez, E.R. 2016. El suelo como medio natural de la nutrición de cultivos. In: Nutrición de Cultivos. Alcántar, G. G., Trejo T.L., Gómez M. F. (eds). Colegio de Postgraduados. P 105-149

Semblanzas de autores

Dr. Luis Mario Tapia Vargas. Investigador Titular C responsable de la investigación en el cultivo de aguacate en el área de nutrición y manejo del agua, profesor de asignatura de Riego y Drenaje y de Conservación de Suelo y Agua de la Universidad Michoacana.

Dr. Anselmo Hernández Pérez. Investigador Titular C responsable del laboratorio de fitopatología del Campo Experimental Uruapan y de proyectos de investigación en enfermedades del aguacate y frutillas.

Dra. Magali Ruiz Rivas. Investigador Titular B, responsable del laboratorio de biotecnología del Campo Experimental Uruapan y de proyectos de investigación en propagación somática y plagas y enfermedades del aguacate y frutillas.

M. C. Stephany Adelaida Hernández Valencia. Estudiante de Doctorado en Fitopatología. Profesora del Tecnológico Nacional de México.

