

Dinámica estacional de comunidades microbianas en huertas de aguacate con diferente uso de suelo

Mónica Alvarado Herrejón¹, Ma. Ángeles Beltrán Nambo¹, Patricia Ríos Chávez², Miguel Martínez Trujillo¹, Enriqueta Amora Lazcano³, Yazmín Carreón-Abud¹

¹Laboratorio de Genética y Microbiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán.

²Laboratorio de Fitoquímica, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán.

³Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. México.

Resumen

En la actualidad el estudio de los microorganismos del suelo ha tomado una mayor importancia, debido a que estos organismos pueden verse afectado por la sobreexplotación o prácticas de manejo, cambiando su estructura y composición. Además de las fluctuaciones estacionales, alterando así la dinámica de estas poblaciones. Para determinar si la estacionalidad afecta la disponibilidad de recursos, se estudiaron los grupos cultivables bacterianos durante la estación lluviosa y la estación seca en el mismo año en suelos de dos huertos de aguacate con diferentes prácticas de manejo (orgánico y convencional) de Uruapan, Michoacán, México. Se evaluaron 20 muestras de suelo tomadas a 20 cm de profundidad, en la estación de secano y lluvias de los huertos de aguacate. Encontramos que la estación de lluvias tuvo mayores recuentos de unidades formadoras de colonias (UFC) de heterótrofos totales, bacterias solubilizadoras de N y P. El tamaño de las poblaciones microbianas no mostró diferencias significativas entre tipos de manejo. En conclusión, nuestro estudio sugiere que la estación de lluvias provee condiciones óptimas, para la descomposición y más rápida asimilación de la misma sin que el tipo de manejo utilizado en estos huertos de aguacate tenga mayor impacto sobre las poblaciones bacterianas.

Palabras clave: estacionalidad, manejo, comunidades microbianas, nitrógeno, fósforo.

Abstract

Nowadays, the study of soil microorganisms has a greater importance because these organisms can be affected by overexploitation or management practices, changing its structure and composition. Also seasonal fluctuations, can alter the dynamics of these populations. To determine if the seasonal variation in soil affects resources availability and has an impact on abundance of total culturable bacterial groups, N and P, the culturable bacterial groups were studied during rainy and dry season in the same year in soils from two avocado orchards with different management practices (organic and conventional) from Uruapan, Michoacán, Mexico. Twenty soil cores at 20 cm depth were taken in the dry and rainy season, from the avocado orchards. Results showed that rainy season had higher counts of colony-forming units (CFU) of total heterotrophic, nitrogen solubilizing bacterial and phosphate solubilizing bacteria. The size of microbial populations did not show significant differences between types of management practices. In conclusion, our study suggests that the rainy season provides optimal factors for decomposition and rapid assimilation of the same without that the type of management practices used in these avocado orchards have greater impact on bacterial populations.

Key words: seasonality, management, microbial communities, nitrogen, phosphorus.

Introducción

El aguacate (*Persea americana* Mill.) es originario de México, considerado como el primer productor y exportador de aguacate a nivel mundial, con una superficie plantada en 2009 de 103,544 ha de las cuales 96,966 ha fueron cultivadas en Michoacán (distribuidas en 42 municipios) donde el 30.8% de la superficie era de riego y 69.2% de temporal (Morales, 2009). El cultivo de Aguacate en Michoacán aumento en un 75% entre 1980 y 2012 superior a 112 mil hectáreas con una exportación de más de 250 mil toneladas al año (Chávez-León, 2012). Los suelos de producción aguacatera en el estado son de tipo Andosol (Guillen *et al.*, 2007) y se considera a la sierra Purépecha, como la región productora más importante del mundo (Maldonado *et al.*, 2007).

Los diferentes manejos agrícolas de los huertos aguacateros tienen como finalidad el obtener la mejor producción del

cultivo y como consecuencia los suelos que son destinados a esta actividad son impactados en diferentes grados por su sobreexplotación. El concepto de salud del suelo se relaciona con las características biológicas, químicas y físicas que son esenciales para una productividad agrícola sostenible a largo plazo con un mínimo impacto ambiental (Arias, 2005), de manera que la salud del suelo es el más fiel reflejo de su funcionalidad.

La forma más común para la incorporación de minerales a suelo agrícolas ha sido mediante el uso de fertilizantes ya sean orgánicos o químicos; los cuales alteran la vida del suelo y su equilibrio ecológico. Por lo anterior el interés por el estudio de los microorganismos del suelo en su propio medio está aumentando, puesto que la diversidad microbiana está estrechamente relacionada con la estructura y función del suelo (Arias, 2005). La densidad poblacional microbiana puede ser afectada al igual que la fertilidad del suelo por un manejo agrícola inadecuado.

La compleja trama de la vida microbiana que se desarrolla en los suelos se sustenta en dos grandes elementos, la materia orgánica y la biomasa microbiana. En conjunto, representan entre un 0.5 y un 10% del peso seco total del suelo. La biomasa microbiana transforma los aportes orgánicos que llegan al suelo,

✉ **Autor de correspondencia:** Dra. Yazmín Carreón Abud. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Laboratorio de Genética y Microbiología. Campus Ciudad Universitaria. Morelia, Michoacán. México. C.P. 58066. Tel Lab: (443) 3 22 35 00 Ext. 4224. Fax: (443) 3 04 08 09. E-mail: ycabud@gmail.com

produciendo en forma simultánea: a) la mineralización biológica de las fracciones orgánicas menos resistentes, lo que permite liberar nutrientes asimilables por las plantas y, b) la síntesis de complejos orgánicos estables que conduce a la formación de humus. Esto tiene relación con la conservación y la productividad del suelo, junto con las propiedades físicas, químicas y biológicas del sistema edáfico (Rovira, 2008).

Actualmente existe la necesidad de desarrollar indicadores biológicos que permitan la evaluación del impacto que las prácticas agronómicas ejercen sobre el ambiente. Las bacterias son el grupo más abundante de microorganismos en el suelo por su capacidad de crecimiento rápido, una gran adaptabilidad tanto fisiológica como genética y la utilización de gran variedad de compuestos como el nitrógeno y el fósforo que son nutrimentos que las plantas requieren en mayor proporción. La composición de la población bacteriana del suelo frecuentemente puede indicar las condiciones físicas y químicas del mismo (Bautista *et al.*, 2004).

Los nutrientes inorgánicos son necesarios para el desarrollo de la población microbiana que responde a la aplicación de fertilizantes amoniacales que se oxidan a nitratos. En el ciclo del nitrógeno, la amonificación, nitrificación y la desnitrificación son de los procesos más importantes y en cada uno de ellos intervienen poblaciones bacterianas por lo que pueden ser utilizadas como indicadores del impacto de los manejos agrícolas sobre las propiedades de los suelos y la fertilidad de estos.

Las comunidades microbianas son muy dinámicas y tanto los cambios ambientales así como la composición del suelo dan lugar a variaciones en su estructura. Es por esto que el presente trabajo tuvo como objetivo comparar las poblaciones bacterianas heterótrofas y de las que intervienen en la absorción de N y P en huertas de aguacate.

Materiales y métodos

Área de estudio

Esta investigación se realizó en dos huertos ubicados en las inmediaciones de la ciudad de Uruapan, Michoacán. El huerto "Huitzichio" que se localiza en las coordenadas 19° 27' 12" N y 102° 00' 58" O, y el huerto "El Puerto" con coordenadas 19° 22' 03" N y 102° 01' 27" O. La temperatura promedio anual entre los 22 °C y los 18 °C y la precipitación total anual es de 1566.3 mm por año, siendo la estación húmeda típicamente de verano o estival, la mayor cantidad de lluvia se presenta en los meses de junio a septiembre. El relieve dominante es ladera con el 46.52%. El suelo tipo Andosol ocupa la mayor superficie en el municipio con un 52.17% son suelos derivados de ceniza volcánica. Por la presencia de alofano tienen elevada capacidad de retención de agua y fijación de fósforo. El cultivo del aguacate se encuentra con el 12.44% de la cobertura vegetal y uso del suelo (Cabrera *et al.*, 2010). Los sitios de estudio se establecieron dentro de dos huertos de aguacate que contaban con dos diferentes manejos: convencional y orgánico.

El suelo fue recolectado durante 2012, durante la estación de secano (Mayo) y lluvias (septiembre). Se seleccionaron 10 puntos de muestreo al azar dentro de cada huerto, de los cuales 5 se ubicaron dentro de la zona con manejo orgánico y 5 dentro de manejo convencional. Las 20 muestras de suelo se tomaron a una

profundidad de 20 cm y a una distancia de 15 cm del tronco del árbol del aguacate. Los Andosoles debido a los constantes depósitos piroplásticos, el contenido de materia orgánica (MO) decrece en forma irregular con la profundidad, de media a muy baja (9.6 a 0.4%) y los valores más altos, en su mayoría, se localizan en los primeros 10 cm y, en menor proporción a los 30 cm (De Jesús *et al.*, 2001). Las muestras fueron conservadas en refrigeración a 4 °C en tubos de plástico con tapas hasta su procesamiento. Además, fueron colectadas muestras de suelo para el análisis en los laboratorios del Centro de Estudios del Medio Ambiente en la ciudad de Morelia, Michoacán.

Análisis bacteriológico

Los grupos funcionales de bacterias considerados fueron: heterótrofas, bacterias amonificantes, nitrificantes, desnitrificantes y solubilizadoras de fosfato, los cuales se cuantificaron usando 10 g de suelo fresco de cada muestra, procesados bajo condiciones estériles. Las unidades formadoras de colonias (UFC) de estos grupos de bacterias fueron evaluadas en placa, mientras que las bacterias amonificantes, nitrificantes, desnitrificantes fueron cuantificadas por el método del número más probable (NMP) (Schmidt y Belser, 1982). Para lo cual se obtuvieron diluciones decimales seriadas desde 10^{-1} hasta 10^{-8} de cada muestra de suelo en agua desionizada estéril. Posteriormente, dichas diluciones fueron inoculadas en caja Petri que contenían los medios de cultivo sólidos y líquidos correspondientes según el grupo bacteriano. Para la cuantificación de bacterias, 0.1 mL de inóculo fue transferido por triplicado a cajas Petri con Agar bacteriológico (Agar bacteriológico; Bioxon®) para las heterótrofas totales; en medio Pikovskaya (Pikovskaya, 1948) y medio NBRIP-BPB para las solubilizadoras de fosfato, con tres repeticiones. Las cajas inoculadas fueron inoculadas a 29 °C y las UFC fueron contadas después de siete días. Las amonificantes, nitrificantes (Subba Rao, 1999) y desnitrificantes (Ponchon y Tardieux, 1962) fueron cuantificadas y determinadas en tubos de ensayo con tres réplicas. Los tubos de ensayo fueron incubados por una semana a 29 °C. Después del periodo de incubación los tubos fueron sometidos para las amonificantes a una prueba bioquímica con el reactivo de Nessler (Svehla, 1979) para la detección de amonio, para los nitritos se utilizó el reactivo Griss-Ilosvay (Showe y De Moss, 1968) para las nitrificantes y las desnitrificantes se usó difenilamina ácida (Tiedje, 1982). El número de tubos positivos y negativos identificados con las pruebas bioquímicas antes mencionadas se utilizaron para calcular las UFC y estimar el NMP (Schmidt y Belser, 1982).

Análisis fisicoquímicos del suelo

Las muestras de suelo fueron enviadas al Centro de Estudios en Medio Ambiente, S.C. (CEMA) en la ciudad de Morelia, Michoacán. Donde utilizaron los siguientes protocolos: la determinación de materia orgánica se realizó con el método de Walkley & Black, el pH, el nitrógeno total y fósforo se determinaron de acuerdo a las normas AA-008-SCFI-2000, NMX-AA-026-SCFI-2001 y NMX-AA-029-SCFI-200 respectivamente. Para el acetato de amonio se determinó la CIC.

Análisis estadísticos

Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza y cuando fue apropiado, se realizó la prueba de t de Student ó Tukey a un nivel de significancia menor al 5%, por medio del programa JMP V.8.0

Resultados

Propiedades químicas del suelo

En el caso de los suelos analizados del huerto Huitzichio y El Puerto se obtuvieron datos muy similares (Tabla 1). El huerto Huitzichio es un Andosol donde el pH fue de moderadamente ácido a neutro (6.5-7) y los valores de materia orgánica de medio a alto (7.5%-12.1%) entre las áreas con diferente manejo (Tabla 1). El huerto El Puerto es un Cambisol donde los valores de materia orgánica fueron de medio a alto (9.8%-11.9%) (Tabla 1).

Grupos bacterianos cultivables del suelo

En los suelos analizados se pudo observar que en la fracción con manejo orgánico del huerto El Puerto se obtuvieron poblaciones mayores de microorganismos comparado con la fracción trabajada con manejo convencional en el misma huerto e incluso con el huerto de manejo orgánico Huitzichio (Fig. 1), aun cuando el análisis químico del suelo de los dos huertos (El Puerto y Huitzichio) con manejo orgánico reportan datos muy similares entre sí (Tabla 1).

El número de UFC de las bacterias heterótrofas, amonificantes, nitrificantes, desnitrificantes y solubilizadoras de fosfato cultivables fue mayor en la estación de lluvias pero al comparar el manejo orgánico y el manejo convencional no se encontró significancia estadística (Fig.1, 2, 3, 4).

Para la cuantificación de poblaciones microbianas solubilizadoras de fosfato se consideró la presencia de un halo con cambio de coloración en el medio, tanto en la prueba presuntiva (Pikovskaya) como la prueba confirmativa (NBRIP-BPB). La figura 4 muestra los resultados en relación a bacterias

Tabla 1. Características químicas de suelo de los huertos Huitzichio y El Puerto, Uruapan, Michoacán

Huerto	"Huitzichio"		"El Puerto"	
Tipo de suelo	Andosol		Cambisol	
Manejo	Orgánico	Convencional	Orgánico	Convencional
pH	7	6.5	6.6	6.9
Materia orgánica (%)	12.10	7.50	11.90	9.80
Nitrógeno total (%)	0.83	0.55	0.60	0.64
Fósforo (ppm)	21.86	13.89	19.00	18.68
C. I. C. (meq/100g)	39	37.8	39.4	33.6

solubilizadoras de fosfato, con respecto a la prueba presuntiva (Pikovskaya), para ambas estaciones (lluvias y secano) el sitio con mayor número de microorganismos fue el huerto Huitzichio con manejo convencional siendo, este tipo de manejo más favorable para la solubilización de fosfatos debido a una mayor presencia de fósforo por la fertilización química.

De acuerdo a la prueba confirmativa (NBRIP-BPB) resalta el hecho de que la estación de lluvias obtuvo la mayor cantidad de microorganismos solubilizadores de fosfatos siendo el huerto El Puerto con manejo orgánico, en el que se detectó una menor presencia de microorganismos independientemente de la estación anual (lluvias o secano). Cabe mencionar que el medio Pikovskaya es una prueba presuntiva por lo que no todas las colonias que crecen y cambian el medio son específicamente solubilizadoras de fosfato y de allí que los resultados obtenidos en la prueba confirmativa con el medio NBRIP-BPB fueron diferentes.

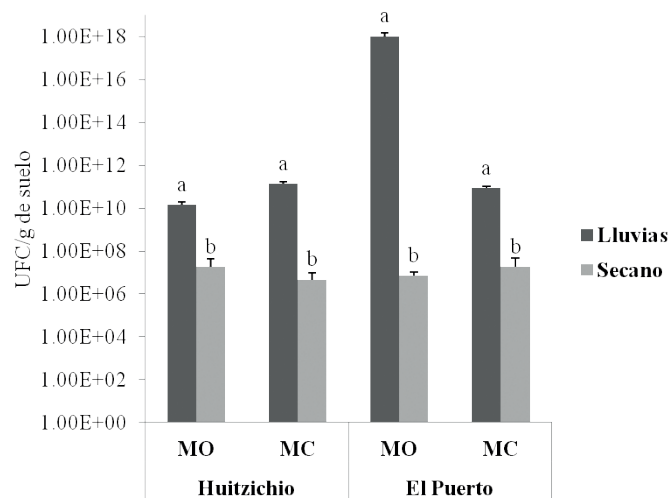


Figura 1. Bacterias heterótrofas en épocas de lluvia y secano, en los huertos Huitzichio y El Puerto. MO: manejo orgánico, MC: manejo convencional. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas (P=0.02) (ANOVA).

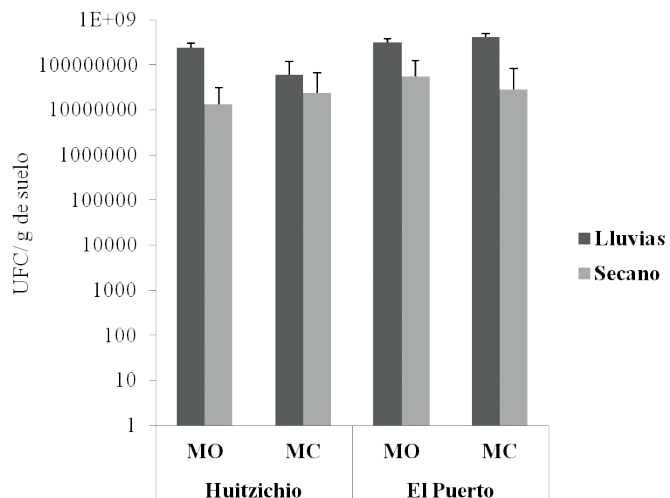


Figura 2. Bacterias amonificantes en el suelo de los huertos, Huitzichio y El Puerto en temporada de lluvias y secano. MO: manejo orgánico, MC: manejo convencional

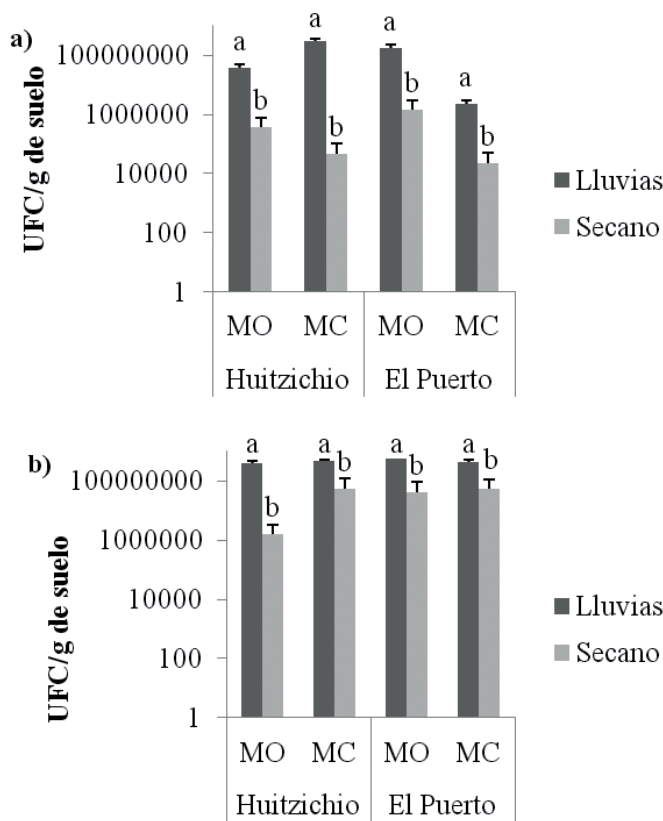


Figura 3. a) Bacterias Nitrificantes y b) Bacterias Desnitrificantes, del suelo de los huertos Huitzichio y El Puerto en temporada de lluvia y secano. MO: manejo orgánico, MC: manejo convencional. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas (P=0.02) (ANOVA).

Discusión

En los suelos analizados se pudo observar que en la fracción con manejo orgánico de la huerta El Puerto el cual presenta sistema de riego, que tiene en funcionamiento 26 años (Jerónimo, 2011) con este tipo de manejo y donde la adición de biofertilizantes (estiércol, melaza de caña y tecata de pino) es adicionado en cantidades exactas, se obtuvieron poblaciones mayores de microorganismos comparado con la fracción trabajada con manejo convencional en la misma huerta e incluso con la sección de manejo orgánico de la huerta Huitzichio (Fig. 1), aun cuando el análisis químico del suelo de las dos huertas (El Puerto y Huitzichio) con manejo orgánico reportan datos muy similares entre sí (Tabla 1). Lo cual sugiere que la mayor cantidad de bacterias totales encontradas en la huerta orgánica el Puerto, no se debe a las propiedades del suelo sino al tiempo de recuperación que ha tenido esta fracción respecto con la huerta orgánica (Huitzichio), cuya diferencia en el tiempo con este tipo de manejo es de 10 años.

El pH influye en la disponibilidad de nutrientes. En suelos ácidos, la pérdida de bases por lixiviación es favorecida por las precipitaciones. La composición biótica del suelo depende del pH del mismo. En sustratos ácidos predominan los hongos, las bacterias son más sensibles a la acidificación, por lo tanto prevalecen en suelos débilmente ácidos, cercanos a la neutralidad o neutros (Steubing *et al.*, 2001). En los suelos estudiados se presentaron niveles de pH, de ligeramente ácidos a neutros (Tabla 3) lo cual favoreció la proliferación de las poblaciones

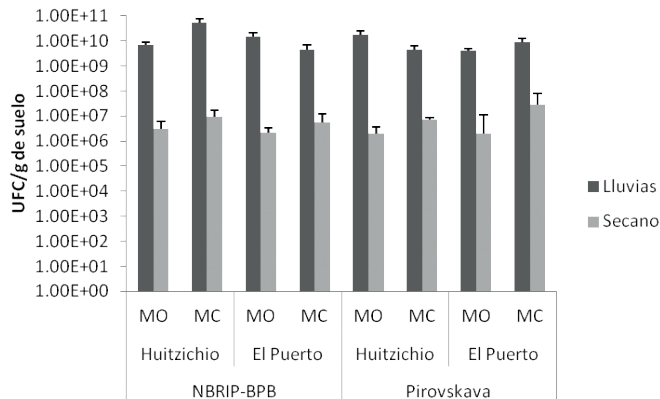


Figura 4. Bacterias solubilizadoras de fosfato (PNBRIP-BPB Y Pirovskaya).

microbianas totales para la estación de lluvias con hasta 1.07×10^{18} UFC/g suelo (Fig. 1).

En relación al número de bacterias totales, nuestros resultados muestran, que la cantidad de microorganismos totales, fue mayor en todos los sitios en la estación de lluvias (Fig. 1), lo cual reafirma los resultados de Fassbender *et al.*, (1994), que mencionan que la materia orgánica se descompone con mayor rapidez en abundancia de agua. En este trabajo únicamente se encontraron diferencias estadísticamente significativas (P=0.02) entre estaciones (lluvias y secano) lo cual no coincide con lo reportado por Aguirre *et al.*, (2007), quienes no encontraron diferencias significativas en cuanto a bacterias totales entre huertos orgánicos y convencionales ni entre estación de lluvias y secano. (Fig. 1). El Puerto, con manejo orgánico fue la que presentó los valores más altos de bacterias totales (UFC) en la estación de lluvias. Esto puede estar relacionado con los resultados del análisis químico del suelo, que muestran que posee el CIC más alto, lo que da lugar a un mayor depósito de iones que pueden influir en el incremento de estos microorganismos. Los factores edáficos, como el pH, el drenaje, la presencia de inhibidores, etc., influyen sobre los microorganismos del suelo y sobre el contenido de N, además de que se ha encontrado que el hombre, a través del cultivo de los suelos influye en la disminución de grandes cantidades de este elemento (García *et al.*, 2001). En suelos ricos en materia orgánica el pH disminuye por la presencia de amonio, lo que a su vez aumenta la cantidad de nitrógeno y en época de lluvia la descomposición de la materia orgánica es más rápida por el contenido hídrico del suelo que regula las condiciones de óxido-reducción (Elosegi *et al.*, 2009) y se ha visto que a mayor precipitación mayores son las poblaciones de microorganismos entre ellos el desarrollo de poblaciones microbianas nitrificantes, amonificantes y desnitrificantes (Figs. 2, 3 y 4).

Las bacterias desnitrificantes no mostraron estar influidas por el tipo de manejo en los huertos ya que tanto con fertilizantes químicos como con orgánicos, los principales elementos que se le adicionan son fósforo y nitrógeno, por ser estos los nutrientes más indispensables para el crecimiento de la planta, por lo tanto no están limitados en el suelo (Fig. 3b). El huerto con manejo convencional El Puerto se ve una disminución de la población de microorganismos nitrificantes (Fig. 3a), esto puede estar influenciado por el tipo de manejo y la estación de lluvias dado que el nitrógeno también se pierde por lixiviación; los nitratos

y los nitritos, los dos aniones, son particularmente susceptibles para ser lavados de la zona de las raíces a causa de la filtración del agua a través del suelo (Raven *et al.*, 1992).

La nitrificación por sí sola es una transformación muy sensible a diversos factores. Los microorganismos nitrificantes son más susceptibles a los fumigantes aplicados directamente al suelo, mismos que son utilizados como una práctica frecuente en las huertas con manejo convencional. Dado que cualquier proceso de esterilización del suelo o uso de herbicidas afecta la población de una gran diversidad de microorganismos del suelo además de las plagas objetivo, esto puede causar deficiencias de nitrógeno en los cultivos, porque la transformación a nitratos en el suelo no ocurre hasta que se restablece la población de los microorganismos nitrificantes (Agrevo Corporation., 1998; Frioni, 1999). En nuestro estudio, el huerto El Puerto, en la fracción con manejo convencional fue el que obtuvo los valores más bajos de bacterias nitrificantes (**Figura 3b**), esto puede ser resultado de que en este sitio se reporta la CIC más baja (33.6) (**Tabla 1**), sumado al tipo de manejo donde el uso de fumigantes es común y estos tienen un efecto adverso para los microorganismos nitrificantes.

En estos suelos también influye el contenido de fósforo lo cual se observa en los huertos con manejo orgánico, mismos que en el análisis químico de suelo, fueron las que presentaron las concentraciones más altas para este elemento (**Tabla 1**). Lo cual fue resultado de las aplicaciones regulares de fertilizantes que contienen fósforo así como una mayor diversidad de microorganismos asociados a la rizósfera de la vegetación secundaria que se encontraba en los huertos como una estrategia para evitar pérdida de suelo por erosión pero que al mismo tiempo ayuda a las plantas a la adquisición de fósforo y nitrógeno por la presencia de microorganismos fijadores de N y P. Ya que una gran parte del fósforo del suelo, aproximadamente 95-99% está presente en fosfatos insolubles y por lo tanto no puede ser utilizado por las plantas sin la ayuda de microorganismo y como mencionan algunos autores el principal mecanismo microbiológico por el cual los compuestos fosfatados son movilizados es la disminución del pH del medio por la liberación de ácidos orgánicos (Alexander 1980, Fernández *et al.*, 2005; Pradhan *et al.*, 2005).

El nitrógeno y fósforo son considerados los nutrientes más importantes para la producción vegetal por las cantidades requeridas por los cultivos y por la frecuencia con que se observan deficiencias en suelos agrícolas, es así que la agricultura de altos rendimientos depende del uso de fertilizantes nitrogenados (García *et al.*, 2001; Labrador, 2002; Anaya, 2003; Taiz y Zeiger, 2006). Sin embargo, algunos productores agrícolas han decidido utilizar abonos orgánicos en busca de una agricultura más sostenible y menos contaminante. Nuestros datos reafirman los datos reportados por Cortes *et al.*, (2009) quienes evaluaron la influencia de la estacionalidad en los microorganismos rizosféricos llegando a la conclusión de que las poblaciones de bacterias fijadoras de nitrógeno y solubilizadoras de fosfato fueron mayores en la estación de lluvia. Siendo estimuladas por las condiciones climáticas a través del efecto de la temperatura y las condiciones de humedad (Estación de lluvia) lo cual aumentó las cantidades de fósforo y nitrógeno que a su vez influyeron sobre el desarrollo de los microorganismos y de la vegetación.

Sin embargo al no encontrarse diferencias significativas entre los distintos manejos sugiere que las tasas de crecimiento de los microorganismos responden de igual manera ante la fertilización química y la orgánica. Pero el impacto ambiental puede no ser el mismo.

Agradecimientos

Se agradece al CECTI, y Proyecto REDES PROMEP, SEP, por el financiamiento otorgado para la realización de esta investigación.

Referencias

- Aguirre S, Carreón Y, Varela L, García JD, Bárcenas AE.** 2007. *Evaluación de la materia orgánica y de microorganismos en suelos de huertos de aguacate Persea americana Mill. en Uruapan, Mich.* Actas VI Congreso Mundial del Aguacate. Viña Del Mar, Chile. p. 1-12.
- Agrevo Corporation.** 1998. *Vorlex fumigante de suelos manual técnico FAX.* FAX, S.A. de C. V. Wilmington, DE., USA. 28pp.
- Alexander M.** 1980. *Transformaciones microbianas del fósforo.* (p. 355-371). En: Introducción a la microbiología del suelo. pp.491. México: AGT editor.
- Anaya, L.** 2003. *Ecología Química.* 349 pp. México: Plaza y Valdés. Editores
- Arias M, Gonzales-Pérez JA, Gonzales-Vila FJ, Ball A.** 2005. Soil health- a new challenge for microbiologists and chemists. *Int. Microbiology* 8:13-21.
- Bautista-Cruz A, Etchevers-Barra J, Del Castillo RF, Gutiérrez C.** 2004. La calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas* 13 (2): 90-97.
- Cabrera GA.** 2010. *Componente Físico. Informe final del ordenamiento ecológico territorial del municipio de Uruapan del progreso Michoacán.* Ponce, S. J. Marzo de 2010.463 pp. México: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Secretaría de Urbanismo y medio Ambiente del Gobierno Del Estado De Michoacán. Morelia Michoacán
- Chávez-León G, Tapia L, Bravo M, Sáenz JT, Muñoz HJ, Vidales I et al.** 2012. *Impacto del cambio de uso de suelo forestal a huertos de aguacate.* pp. 102. México, D.F: Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Cortés-Sarabia J, Pérez-Moreno J, Delgadillo J, Ferrera-Cerrato R, Ballesteros-Patrón G.** 2009. Estacionalidad y microorganismos rizosféricos de (*Annona diversifolia* Saff.) en huertos naturales del trópico seco. *Terra Latinoamericana.* 27: 27-34.
- De Jesús-Alcalá M, Solorio-Ortiz CA, Castorena-Gutiérrez MDC.** 2001. Clasificación de los suelos de la Meseta Tarasca, Michoacán. *Terra* 19(3): 227-239.
- Elosegi A, Sabater S.** 2009. *Conceptos y técnicas en ecología fluvial.* 444 pp. España: Fundación BBVA.
- Fassbender WH, Bornermisza.** 1994. *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina.* Segunda edición. 420 pp. San José, C.R: IICA.
- Fernández LA, Zalba P, Gómez MA, Sagardoy MA.** 2005. Bacterias solubilizadoras de fosfato inorgánico aisladas de suelos de la región sojera. *Cienc. Suelo [online]* 23(1):31-37.
- Frioni L.** 1999. *Procesos microbianos.* 332 pp. Argentina: Editorial de la Fundación Universidad Nacional de Río Cuarto Argentina.

- García OF, Fabrizzzi PK.** 2001. *Dinámica del nitrógeno en ecosistemas agrícolas: efectos de la siembra directa*. Siembra directa en el Cono Sur. 450 pp. Uruguay: Díaz. R. R. Montevideo: PROCISUR.
- Guillen-Andrade H, Lara-Chávez BN, Gutiérrez-Contreras M, Ortiz-Catón M, Palomares A.** 2007. *Cartografía agroecológica de cultivo del Aguacate en Michoacán*. 141 pp. México: Morevallado editores de Morelia. Michoacán, México.
- Jerónimo-Treviño E.** 2011. *Cultivos mono específicos de hongos micorrízicos arbusculares provenientes de huertas de aguacate de manejo orgánico y manejo convencional, con fines de ser utilizados como bioinoculantes*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. 98 pp. Morelia, México.
- Labrador MJ.** 2002. *La material orgánica en los agrosistemas*. 293pp. España: Ediciones Mudi-Prensa.
- Maldonado-Torres R, Álvarez-Sánchez ME, Almager-Vargas G, Barrientos-Priego AF, y García-Mateos R.** 2007. Estándares nutrimentales para aguacateros 'Hass'. *Rev Chapingo Ser Hortíc* 13(1): 103-108.
- Morales JL.** 2009. *Enfermedades de importancia económica en el cultivo de aguacate en Michoacán, México*. III congreso Latinoamericano del Aguacate. Medellín Colombia .p. 15-31. Colombia.
- Norma Mexicana: AA-008-SCFI.** 2000. *Análisis de agua- determinación del pH- método de prueba (Cancela a la NMX-AA-008-1980)*. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.
- Norma Mexicana: NMX-AA-026-SCFI-2001.** 2001. *Análisis de agua- determinación de nitrógeno total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas-método de prueba (cancela a la NMX-AA-026-1980)*. Secretaría de Economía DGN.
- Norma Mexicana: NMX-AA-029-SCFI-2001.** 2001. *Análisis de aguas- determinación de fósforo total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas- método de prueba (cancela a la NMX-AA-029-1981)*. Secretaría de Economía DGN.
- Pikovskaya IR.** 1948. Mobilization of phosphorus in soil connection with the vital activity of some microbial species. *Mykrobiologiya* 17: 362-370.
- Ponchon J, Tardieux.** 1962. *Techiniques D 'Analyse en Microbiologie du sol*. Paris. Francia: Ed. De la Tourelle.
- Pradhan N, Sukla LB.** 2005. Solubilization of inorganic phosphates by fungi isolated from agricultural soil. *Afr. J. of Biotechnol* 5(10): 850-854.
- Raven HP, Ray F, Eichhorn E.** 1992. *Biología de las plantas*. 402 pp. España: Editorial REVERTÉ.
- Rovira J, Ugalde J, Stutzin M.** 2008. *Biodiversidad de Chile patrimonio y desafíos*. 2ª ed. 641 pp. Chile: CONAMA.
- Schmidt EL, Belser LW.** 1982. *Nitrifying bacteria*. En: Methods of soil Analisis, Part 2, *Chemical and Microbial Properties- Agronomy Monograph No 9*, 48:1027-1041.
- Showe MK, De Moss JA.** 1968. Localization and regulation of synthesis of nitrate reductase in *Escherichia coli*. *J. Bacteriol* 1: 1305-1313.
- Steubing L, Godoy R, Alberdi M.** 2001. *Métodos de ecología vegetal*. Santiago de Chile. Chile. 231 pp. Chile: Editorial Universitaria, S. A.
- Subba Rao NS.** 1999. *Soil Microbiology*. 4th. Edition of Soil, Microorganism and Plant Growth. Pp 271-276, 292-298. USA: Ed, Science Publishers. Inc.
- Svehla G.** 1979. *Vogel's Textbook of Macro and Semimicro Qualitative Inorganic Analysis*. 605p. London: Longman.
- Taiz L y Zeiger E.** 2006. *Fisiología vegetal: volumen 1*. Tercera edición. 1338 pp. España: Publicaciones de la Universitat Jaume.
- Tiedje JM.** 1982. Denitrification. In Page AL (ed.), *Methods of soil analysis, Part 2*. Chemical and microbiological properties, 2ª edición, pp.1011-1026. American Society of Agronomy, Madison, Wiconsin, USA: ED Segoe Rd