

Estacionalidad de bacterias y hongos en la rizósfera de dos especies de plantas en el Valle semiárido de Zapotitlán, Puebla*

Bacterial and fungal seasonality in the rhizosphere of two species of plants in the semiarid Valley of Zapotitlán, Puebla

Hilda Ventura Soto Aquino^{1§}, José Alejandro Zavala Hurtado¹, Jesús Pérez Moreno² y Sara Lucía Camargo Ricalde¹

¹Departamento de Biología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Apartado Postal 55-535, México 09340 D.F. Tel. 26 193941, 58046456, 58046450. (jazh@xanum.uam.mx), (slcr@xanum.uam.mx). ²Área de Microbiología, Edafología-IRENAT, Colegio de Postgraduados, Km 36.5 carretera México-Texcoco, Estado de México. Tel. 01(595) 9520200. Ext. 1279 ó 1280. (jperez@colpos.mx). [§]Autora para correspondencia: sotohv@colpos.mx.

Resumen

En los sistemas áridos y semiáridos la vegetación se distribuye en parches. Asociados a estos parches, existen microorganismos que participan en la transformación de compuestos orgánicos y minerales, influyen en el contenido y la movilidad de los macro y microelementos, así como en el balance y asimilación por las plantas por lo que son importantes para su crecimiento (Vega *et al.*, 2010). En este trabajo se cuantificaron las poblaciones bacterianas y fúngicas en la rizósfera de dos especies de plantas con diferentes niveles de invasividad en tres parches de vegetación del Valle de Zapotitlán, en el estado de Puebla. Se utilizó el método de diluciones sucesivas para cuantificar las poblaciones microbianas. Los resultados mostraron que las poblaciones microbianas fueron afectadas por las condiciones físicas y químicas del suelo, y por el tipo de la especie vegetal. Adicionalmente, las poblaciones de microorganismos rizosféricos asociadas con plantas de *Viguiera dentata* y *Ferocactus latispinus* fueron afectadas diferencialmente por la estacionalidad. El conteo microbiológico de bacterias y hongos totales puede ser utilizado en los trabajos de invasibilidad del ecosistema, al mostrar en términos de su abundancia que son sensibles a los tipos de planta y al clima

Abstract

In the arid and semiarid systems the vegetation is distributed in patches. Associated to this patches, microorganisms exist that participate in the transformation of organic and mineral compounds that influence the content and mobility of the macro and micro elements, as in the balance and assimilation by plants and therefore important for their growth (Vega *et al.*, 2010). In this study were quantified the bacterial and fungal populations in the rhizosphere of two species of plants with different levels of invasiveness in three vegetation patches from Valle de Zapotitlan, in the state of Puebla. The method of successive dilutions was used to quantify the microbial populations. The results showed that the microbial populations were affected by the physical and chemical conditions of the soil and by the plant species. Additionally, the populations of rhizospheric microorganisms associated to the plants of *Viguiera dentata* and *Ferocactus latispinus* were differentially affected by seasonality. The microbiological total count of bacterial and fungal can be used in studies on invasiveness of the ecosystem, by showing in terms of its abundance that are sensitive to the type of plants and weather.

* Recibido: febrero de 2011
Aceptado: septiembre de 2012

Palabras clave: *Viguiera dentata*, *Ferocactus latispinus*, plantas invasoras, microorganismos.

Key words: *Ferocactus latispinus*, *Viguiera dentata*, invasive plants, microorganisms.

Introducción

En los ecosistemas áridos y semiáridos, la vegetación suele distribuirse en parches. Estos parches a menudo dominados por vegetación arbustiva (Vega *et al.*, 2010), están definidos en una parte importante por variaciones en las propiedades físicas y químicas, así como a la biota edáfica residente (de la Peña, 2009) que constituyen filtros medioambientales para el establecimiento, crecimiento y reproducción de distintas especies de plantas.

Tradicionalmente, se han utilizado de forma mayoritaria parámetros físicos y químicos con potencial indicador del estado general del suelo. Sin embargo, recientemente ha cobrado significativa importancia el estudio de los organismos del suelo, y dentro de ellos, los microorganismos (Garbisa *et al.*, 2007). Ramos y Zúñiga (2008) señalan que el componente microbiológico puede servir como indicador del estado general del suelo, dado que la actividad microbiana es reflejo de condiciones físico-químicas óptimas para el desarrollo de los procesos metabólicos de microorganismos (bacterias, hongos y actinomicetos) que actúan sobre sustratos orgánicos.

Los microorganismos también son un factor importante en el proceso de formación del suelo, participan en la transformación de compuestos orgánicos y minerales, e influyen en el contenido y la movilidad de los macro y microelementos, así como en su balance y asimilación por las plantas (Morell y Hernández, 2008); además, desarrollan funciones esenciales como el ciclaje de nutrientes para el crecimiento de las plantas, formación de humus del suelo, mejora de las propiedades físicas y el mantenimiento de la biodiversidad de los ecosistemas (Campbell *et al.*, 1997) y en el flujo de energía (Hoffman *et al.*, 2003). Entre los beneficios de los microorganismos para el sistema suelo-planta pueden citarse los siguientes: a) producen hormonas que promueven el crecimiento; b) facilitan el desarrollo de las plantas (Wolfe y Klinomoros, 2005); c) estimulan la germinación de las semillas y el enraizamiento; y d) protegen a las plantas del estrés hídrico y abiótico (Acuña *et al.*, 2006).

Con base en lo antes expuesto, los objetivos del presente estudio fueron: 1) cuantificar las poblaciones totales de hongos y bacterias del suelo crecidas en placas y asociadas

Introduction

In the arid and semiarid ecosystems, the vegetation tends to be distributed in patches. These patches often dominated by shrub vegetation (Vega *et al.*, 2010), are defined in large part by variations in the physical and chemical properties, as well as resident soil biota (de la Peña, 2009) that represents environmental filters for the establishment, growth and reproduction of different plant species.

Physical and chemical parameters have been used as a potential indicator of the general state of the soil. However, recently it has taken a significant importance in the study of soil organisms and within the microorganisms (Garbisa *et al.*, 2007). Ramos and Zúñiga (2008) pointed that the microbiological component can serve as an indicator of the general state of the soil, given that the microbial activity is reflect of the optimal physical-chemical conditions for the development of the metabolic process of microorganisms (bacterial, fungal and actinomycetes) that act over the organic substrates.

The microorganisms are also an important factor in the formation process of the soil, participation in the transformation of organic and mineral compounds, influencing the content and mobility of macro and micro elements, as well as in the balance and assimilation by plants (Morell and Hernández, 2008); additionally, the development of essential functions as the nutritional cycling for the plant growth, humus formation in soil, improvement of the physical properties and the maintenance of the biodiversity in ecosystems (Campbell *et al.*, 1997) and the energy flux (Hoffman *et al.*, 2003). Among the benefits of microorganism for the soil-plant systems can be quoted the following: a) produce hormones that promote growth; b) facilitate the development of plants (Wolfe and Klinomoros, 2005); and c) stimulate the germination of seeds and rooting; and d) protects the plants from hydric and abiotic stress (Acuña *et al.*, 2006).

Based on what was exposed before, the objectives of the present study were: 1) to quantify the total bacterial and fungal populations from the soil grown in plaques and associated with roots of two individual species with

con las raíces de individuos de dos especies con características de historia de vida contrastantes que se expresan en diferentes niveles de invasividad (capacidad de invadir un cierto hábitat) definidos en un estudio previo (Jiménez, 2009) plantas invasoras *Ferocactus latispinus* (Haw) Britton et Rose y *Viguiera dentata* (Cavallines) Sprengel, teniendo esta última mayor invasividad que la primera; en tres parches de vegetación; y 2) evaluar el efecto de la estacionalidad sobre las poblaciones de hongos y bacterias asociadas a estas plantas en el Valle semiárido de Zapotitlán, Puebla.

Materiales y métodos

El área de estudio Figura 1, se localiza en el Valle de Zapotitlán, Puebla que constituye una subcuenca dentro de la Cuenca Alta del Papaloapan (Miranda, 1947) y está ubicado en el límite SO del Valle de Tehuacán ($18^{\circ} 11' - 18^{\circ} 25'$ de latitud norte, $97^{\circ} 39' - 97^{\circ} 22'$ de longitud oeste en el estado de Puebla; en la zona semiárida poblano oaxaqueña, situada en la sombra de lluvia de la Sierra Madre Oriental (Vite *et al.*, 1992).

La vegetación corresponde al matorral xerófilo descrito por Rzedowski (1978) y presenta una gran variación, dependiendo del o los elementos fisonómicamente dominantes; como son las tetecheras *Neobuxbaumia tetetzo* (Weber) Backeberg, los izotales de *Yucca periculosa* Baker, o de *Beaucarnea gracilis*, los cardonales de *Cephalocereus columna-trajani* Weber o de *Stenocereus stellatus* (Pfeiffer) Riccobono, la selva baja espinosa perennifolia donde predomina el mezquite *Prosopis laevigata* (Willd) M. C. Johnst (Fabaceae), la selva baja caducifolia donde predominan las familias Caesalpiniaceae, Fabaceae y Mimosaceae y diversos tipos de matorrales espinosos, inermes o parvifolios-esclerófilos (Zavala-Hurtado 1982, Villaseñor *et al.* 1990, Osorio *et al.*, 1996).

El clima es cálido y semiárido, con una precipitación promedio anual de 380-400 mm y una temperatura media anual de $18-22^{\circ}\text{C}$ (Zavala-Hurtado *et al.*, 1996).

Existe una gran diversidad de afloramientos geológicos y tipos de suelo generalmente someros, pedregosos y halomórficos con diferentes estados de alcalinidad y salinidad, entre los cuales sobresalen los Litosoles calcáreos rocosos y poco profundos que derivan primordialmente de rocas sedimentarias y metamórficas, los Cambisoles

characteristics of contrasting history of live that express in different levels of invasiveness (capacity to invade a given habitat) defined in a previous study (Jiménez, 2009) invasive plants *Ferocactus latispinus* (Haw) Britton et Rose y *Viguiera dentata* (Cavallines) Sprengel, having this one higher invasiveness than the first one; in three patches of vegetation; and 2) Evaluate the effect of the seasonality on the fungal and bacterial populations associated to this plants in the semiarid Valley of Zapotitlan, Puebla.

Material and methods

The study area figure 1, is located in the Valley of Zapotitlan, Puebla that constitutes a sub basin inside the high basin of Papaloapan (Miranda, 1947) and is located in the limits SO from the Tehuacan Valley ($18^{\circ} 11' - 18^{\circ} 25'$ north latitude, $97^{\circ} 39' - 97^{\circ} 22'$ longitude west in the state of Puebla; in the semiarid zone poblano oaxaqueña, situated in the rain shade of the Sierra Madre Oriental (Vite *et al.*, 1992).

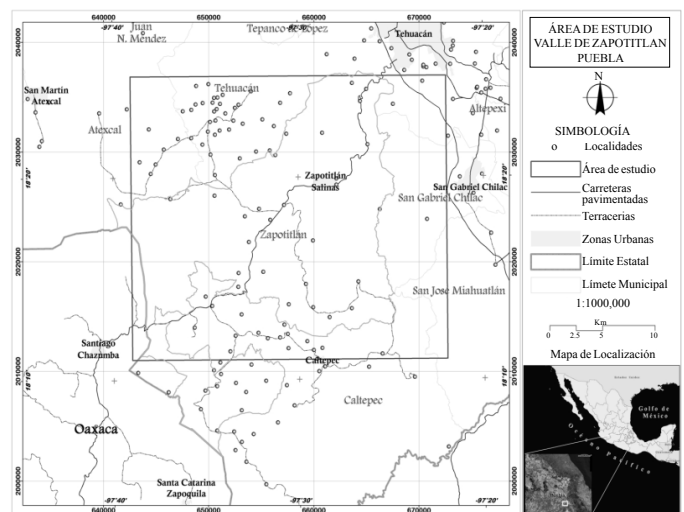


Figura 1. Localización de área de estudio.

Figure 1. Study location area.

The vegetation corresponds to xerophilous shrub described by Rzedowski (1978) and presents a great variation, depending from/or the physiognimically dominant elements; as are the teteche *Neobuxbaumia tetetzo* (Weber) Backeberg, the izote *Yucca periculosa* Baker, or *Beaucarnea gracilis*, the cardons of *Cephalocereus columna-trajani* Weber or the *Stenocereus stellatus* (Pfeiffer) Riccobono, the thorny evergreen lowland, where mesquite *Prosopis laevigata* Willd) M.C. Johnst (Fabaceae) is predominant,

cálcicos, Rendzinas, Vertisoles, Regosoles, Fluvisoles cálcicos y los Xerosoles cálcicos derivados de evaporitas (Zavala-Hurtado 1982; Osorio *et al.*, 1996).

Especies vegetales evaluadas. *Viguiera dentata* (Cavallines) Sprengel “chimalacate” (Ramírez *et al.*, 2000) es un arbusto perenne de la Familia Asteraceae con amplia distribución en México (Sarquis, 2010). Planta herbácea perenne, erecta de hasta 2.5 m de alto con hojas opuestas o alternas en la parte superior, con limbos generalmente ovados a romboideo-ovados, acuminados en el ápice, enteros o aserrados en el margen, cuneados a truncados en la base; inflorescencia constituida por cabezuelas numerosas agrupadas en panículas cimosas bracteadas, con 50 a 70 flores liguladas, elípticas u oblongas, amarillas. Frutos aquenios obovado-oblongos (Rzedovsky y Rzedovsky, 2001; Jiménez Com. Pers.). Se utiliza como forraje fresco para alimentar a las cabras, para leña y para la producción de miel. Es un arbusto altamente invasivo (Jiménez, 2009), ya sea en áreas cultivadas como en algunos otros espacios disponibles.

Ferocactus latispinus (Haw) Britton et Rose, “ganchuda”, es una especie endémica de la región de Tehuacán-Cuicatlán. Cactácea de tallo solitario y ciliíndrico caracterizada por una espina central en forma de gancho de 3.5 a 6.2 cm de largo; flores color púrpura con margen blanco; frutos elipsoides (Arias *et al.*, 1997) con cerca de 1 500 semillas cada uno (Jiménez Com. Pers.). Comúnmente conocido también como biznaga es una planta medicinal utilizada en una infusión para aliviar males de riñón (Martínez *et al.*, 2006) y como planta de ornato (Hernández y Godínez, 1994). Por las características de sus estrategias de dispersión, es considerada como una especie de baja invasividad (Jiménez, 2009).

Sitios de estudio. Se recolectaron muestras de suelo para los análisis físicos, químicos y microbiológicos de tres parches con vegetación contrastante en los que estuvieran presentes las dos especies estudiadas:

Parche 1, ubicado en el camino a San Juan Raya, Portesuelo de la Cruz. Terreno comunal. Es un parche de vegetación que se encuentra asentado sobre suelos calizos, se encuentra cubierto por un matorral xerófilo con presencia de sotolín *Beaucarnea gracilis* Lem (Nolinoideae). Otros elementos importantes de la vegetación son el cumito *Mimosa Luisina* Brandegee (Mimosaceae), y el guajillo *Acacia Constricta* Benth (Fabaceae).

low deciduous forest, where the predominant families are Caesalpiniaceae, Fabaceae and Mimosaceae and diverse types of thorn scrub, parvofilus-sclerophyllus (Zavala-Hurtado, 1982, Villaseñor *et al.*, 1990, Osorio *et al.*, 1996).

The weather is warm and semiarid, with an annual precipitation average of 380-400 mm and an annual temperature average of 18-22 °C (Zavala-Hurtado *et al.*, 1996).

Exists a great diversity of geological outcrops and soil types generally shallow soil, stony and halomorphic with different states of alkalinity and salinity, among which excel the lithosols calcareous rocks and low depth that mainly derivate from sedimentary and metamorphic rocks, the calcic cambisols, Redzines, Vertisols, Regosols, calcic Fluviols and the calcic Xerosols derivate from evaporates (Zavala-Hurtado 1982; Osorio *et al.*, 1996).

Evaluated plant species. *Viguiera dentata* (Cavallines) Sprengel “chimalacate” (Ramírez *et al.*, 2000) is a perennial shrub from the Asteraceae family with a width distribution in Mexico (Sarques, 2010). A perennial herbaceous plant, erect up to 2.5 cm height with leaves opposite or alternate in the upper side, generally with oval or rhomboid limbo, acuminate at the apex, entire or serrate at the margins, cuneate to truncate at base; constituted inflorescence by numerous grouped heads in cymosa bracteates panicles, with 50 to 70 ligulae flowers, elliptic or oblong, yellow. Achene obovate-oblong fruits (Rzedovshy and Rzedovsky, 2001; Jiménez Com. Pers.). It is used as fresh forage to feed goats, for wood and to produce honey. Is a highly invasive shrub (Jiménez, 2009), in areas already cultivated as in some other available spaces.

Ferocactus latispinus (Haw) Britton et Rose, “devil’s tongue barrel or crow’s claw cactus”, is an endemic specie from the region of Tehuacan-Cuicatlán. Cactaceae of solitary and cylindrical stem characterized by a central thorn hook-shaped of 3.5 to 6.2 cm long; flowers of purple color with white edges; ellipsoid fruit (Arias *et al.*, 1997) with close to 15000 seeds each (Jiménez Com. Pers.). Commonly known as biznaga or bishop’s weed, is a medicinal plant used in infusions to ease kidney problems (Martínez *et al.*, 2006) and as ornamental plant (Hernández and Godínez, 1994). By the characteristics of its dispersion strategies, is considered as specie of low invasiveness (Jiménez, 2009).

Parche 2, se encuentra localizado dentro del área del Jardín Botánico “Helia Bravo Hollis” en Zapotitlán de las Salinas, Puebla, ocupando un parche de suelos derivados de areniscas. La vegetación es una tetechera en el cual la cactácea columnar tetecho *Neobuxbaumia tetetzo* (Coulter) Backeberg es un elemento dominante. Otros elementos importantes son el cachetú *Agave karwinskii* Zuccarini (Agavaceae), el nopal crinado *Opuntia pilifera* Weber (Cactaceae), el cumito *Mimosa luisiana* Brandege y el guajillo *Acacia constricta*, entre otras.

Parche 3, constituido por el tipo de vegetación cardonal caracterizado por la presencia del cardón, una cactácea columnar no ramificada *Cephalocereus columna-trajani* (Karwinski ex Pfeiffer) Schuman, que se encuentra asociada a la biznaguilla *Mammillaria haageana* Pfeiffer (Cactaceae), la lechuguilla Hechita tehuacana B. L Rob (Bromeliaceae) *Mascagnia seleriana* Adr. Juss (Malpighiaceae), la biznaga *Echinocactus platyacanthus* Link et Otto (Cactaceae), *Agave kerchovei* Lemm (Agavaceae), el orégano *Lippia graveolens* kunth (Verbenaceae), *Coryphanta pallida* Britton et Rose (Cactaceae), y la sangre de drago *Jatropha dioica* Sease ex Cerv (Euphorbiaceae), entre otras. Se encuentra en un terreno accidentado con una superficie muy pedregosa y una textura del suelo moderadamente fina.

Propiedades físicas y químicas de los suelos. Para conocer los valores de las propiedades físicas y químicas de los suelos en los tres parches evaluados se colectaron al azar doce submuestras de suelo de 0 a 10 cm de profundidad para formar una muestra compuesta de dos kilogramos de cada uno de los parches seleccionados de acuerdo al tipo de vegetación. En total fueron tres muestras (de tres parches) y se trasladaron en bolsas de plástico y se etiquetaron. Las muestras, para la medición de las propiedades físicas y químicas del suelo se secaron a la sombra a temperatura ambiente; se molieron y se pasaron a través de un tamiz de 8 mm para eliminar piedras, agregados grandes y raíces; posteriormente se pasaron por otro tamiz de 2 mm, se homogeneizaron y se tomaron dos submuestras de 100 g cada una.

Los análisis físicos que se determinaron fueron textura (Bouyoucos) y densidad aparente por el método del terrón con parafina (Blake *et al.*, 1986). Los análisis químicos incluyeron la evaluación de P total (Olsen) mediante extracción con NaHCO_3 0.5 M pH 8.5 y determinación calorimétrica a través de la formación del complejo de azul de molibdeno (Olsen *et al.*, 1954), N total (semimicro-kjeldahl)

Study site. Samples were collected from soil for the physical, chemical and microbiological analysis of three patches with contrasting vegetation in which was present two of the studied species:

Patch 1, located at the south road to San Juan Raya, Portesuelo de la Cruz. Communal land, is a patch of vegetation that is found on calcareous soils, is found covered by a xeric shrub with presence of sotolin or elephant foot tree *Beaucarnea gracilis* Lem (Nolinoideae). Other important elements of the vegetation are the cumito *Mimosa Luisina* Brandege (Mimosaceae), and the guajillo *Acacia Constricta* Benth (Fabaceae).

Patch 2, it is located within the Botanical garden “Helia Bravo Hollis” in Zapotitlan of las Salinas, Puebla, occupying a patch of derivate sandy soils. The vegetation is teteche in which the cetacean columnar tetecho *Neobuxbaumia tetetzo* (Coulter) Backeberg is a dominant element. Other important elements are the cachetu *Agave karwinskii* Zuccarini (Agavaceae), the nopal crinado *Opuntia pilifera* Weber (Cactaceae), the cumito *Mimosa luisiana* Brandege and the guajillo *Acacia constricta*, among others.

Patch 3, constituted by the cardon vegetation characterized by the presence of cardon, a columnar cactaceae no ramified *Cephalocereus columna-trajani* (Karwinski ex Pfeiffer) Schuman that is found associated to biznaguilla *Mammillaria haageana* Pfeiffer (Cactaceae), the lechuguilla Hechita tehuacana B. L Rob (Bromeliaceae) *Mascagnia seleriana* Adr. Juss (Malpighiaceae), the biznaga *Echinocactus platyacanthus* Link et Otto (Cactaceae), *Agave kerchovei* Lemm (Agavaceae), the oregano *Lippia graveolens* kunth (Verbenaceae), *Coryphanta pallida* Britton et Rose (Cactaceae) and sangre de drago (leather stem) *Jatropha dioica* Sease ex Cerv (Euphorbiaceae), among others. It is found in uneven surfaces very stony and a soil texture moderately fine.

Physical and chemical properties of soils. To know the values of the physical and chemical properties of soils in the three evaluated patches, were collected 12 sub samples of soil randomly of 0 to 10 cm depth to form a composed sample of two kilograms each selected patch in accordance to the vegetation type. In total there were three samples (of three patches) and were tagged and moved in plastic bags. The samples used for the physical and chemical soil properties were dried under shade to environmental temperature, they were grinded through a mesh of 8 mm to eliminate stones, big

por digestión húmeda con ácido sulfúrico (Bremmer, 1965), P orgánico en cenizas, K mediante extracción con acetato de amonio (NH_4OAC) 1N pH 7 por fotometría de llama, calcio (Ca) y magnesio (Mg) intercambiable por espectrofotometría de absorción atómica, sodio (Na) intercambiable por fotometría de emisión por flama, materia orgánica (MO) (Walkley y Black, 1934), pH en agua 2:1 con potenciométrico, conductividad eléctrica en relación agua-suelo 5:1 y capacidad de intercambio catiónico. Todos éstos análisis fueron efectuados en el laboratorio de génesis del área de Edafología del Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas.

La interpretación de los resultados de los análisis físicos y químicos se hizo de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana (2010) para análisis de suelo.

Análisis microbiológico. Se realizaron muestreos de suelo rizosférico en dos épocas del año: julio de 2009 (periodo de lluvias) y en febrero de 2010 (período seco). Se recolectaron dos muestras de suelo rizosférico de 500 g por parche de vegetación, de cada una de las dos especies evaluadas localizadas en los tres parches de vegetación, dando un total de 12 muestras que se colocaron en bolsas de plástico transparente, se etiquetaron y se trasladaron en una hielera para posteriormente mantenerse a 5 °C hasta su utilización. Los análisis microbiológicos se efectuaron en el laboratorio de microbiología del Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas.

Las raíces de las plantas se sacudieron suavemente eliminando el suelo en exceso, quedando sólo el suelo rizosférico. Para este suelo se empleó el método de diluciones sucesivas (Herrera, 1993) para cuantificar las poblaciones microbianas de unidades formadoras de bacterias y hongos totales. Se mezclaron 10 g de la muestra de suelo rizosférico con 90 mililitros de agua destilada estéril para formar una dilución de 10^{-1} hasta llegar a 10^{-4} (agitándose durante 20 min).

De cada dilución se tomó una alícuota de 1 mililitro de la dilución 10^{-3} a 10^{-4} y se vertió en una caja Petri sobre los medios de cultivo agar nutritivo (AN) para determinar el número de bacterias totales y se vertió 1 mililitro de la dilución 10^{-3} para determinar el número de hongos totales crecidos en el medio del cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA), se incubaron durante 24 y 48 h a 28 °C. Basándose en el desarrollo característico de los microorganismos evaluados, se determinó presencia y frecuencia de colonias mediante el conteo directo en las cajas Petri. Estos resultados se

agregates and roots; afterwards they were passed through another mesh of 2 mm, to be homogenized and taken two sub samples of 100 grams each.

The physical analysis determined were texture (Bouyoucos) and the apparent density by the clod method with paraffin (Blake *et al.*, 1986). The chemical analysis included the evaluation of total P (Olsen) through extraction with NaHCO_3 0.5 M pH 8.5 and calorimetric determination through the formation of blue molybdenum complex (Olsen *et al.*, 1954), total N (semi micro-kjeldahl) by humid digestion with sulfuric acid (Bremmer, 1965), organic P in ashes, K through extraction of ammonium acetate (NH_4OAC) 1N pH 7 by flame photometry, interchangeable calcium (Ca) and magnesium (Mg) by atomic adsorption spectrophotometry, interchangeable sodium (Na) by emission flame photometry, organic matter (OM) (Walkley and Black, 1934), pH in water 2:1 with potentiometer, electric conductivity of 5:1 relation of water-soil and the cationic interchange capacity. All this analysis were made in the genesis laboratory from the Soil science area of Postgraduated College in Agricultural Sciences.

The result interpretation of the physical and chemical analysis was made with the Mexican Official Standard (2010) for soil analysis.

Microbiological analysis. sampling was made from the rizospheric soil in two periods of the year; July 2009 (rain season) and in February 2010 (drought season). Two samples were collected from the rizospheric soil of 500 grams by vegetation patch, each of the two evaluated species located in the three patches, giving a total of 12 samples that were collocated in transparent plastic bags, tagged and moved in a cooler to be maintained at 5 °C until its use. The microbiological analysis was effectuated in the microbiological laboratory from the Postgraduated College in Agricultural Sciences.

The root plants were softly shaken to eliminate the excess of soil, having only rizospheric soil. For this soil was used the successive dilution method (Herrera, 1993) to quantify the total microbial populations of forming units of bacterial and fungal. 10 grams of the rizospheric sample were mixed with 90 millimeters of sterile distilled water to form a dilution of 10^{-1} to reach 10^{-4} (agitating for 20 minutes).

From each dilution an aliquot of 1 millimeter of the dilution 10^{-3} to 10^{-4} was poured in a petri dish on the nutrient agar culture medium (AN) to determine the total number of

registraron y reportaron en términos de unidades formadoras de colonias (UFC) por gramo de suelo. Los datos fueron transformados a unidades logarítmicas para su análisis estadístico.

Las unidades formadoras de colonias por gramo de suelo seco constituyen una de las unidades en que se expresa la población de microorganismos encontrados en el suelo y puede definirse según Orozco (1999), como la cantidad de colonias que se desarrollan sobre un medio de cultivo sólido (agar, principalmente) provenientes de la siembra en él de un extracto de suelo con una determinada dilución, contadas en una caja de Petri en el que se pueda contar entre 30 y 300 colonias individuales

Análisis estadístico. Las comparaciones fueron realizadas mediante (ANOVA) con un nivel de significancia del 5%. Para la separación de medias se aplicó la prueba de Tukey (≤ 0.05) con el programa SAS versión 9.2 (SAS Institute, Cary, NC, Estados Unidos). Para satisfacer los criterios de normalidad y homogeneidad de varianzas, los valores procedentes del conteo del número de microorganismos fueron sometidos a una transformación logarítmica ($\log_{10}$) y logaritmo natural previo a los análisis de varianza respectivos, con el fin de tener una homogeneidad de los datos.

Resultados y discusión

Características físicas y químicas del suelo

En los tres parches de vegetación los suelos son minerales puesto que menos de 12% de la fracción mineral contiene menos de 60% de arcilla. De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana (2010) para análisis de suelos, los suelos alcalinos evaluados son pobres en N, altos en P, capacidad de intercambio catiónico y Ca intercambiable y, de acuerdo con el porcentaje de sodio intercambiable, son suelos sin problemas de salinidad y sodicidad.

El suelo procedente del matorral es rico en materia orgánica, bajo en carbono orgánico, alto en K y Mg intercambiable es un suelo franco-arcillo-arenoso y sin problemas de compactación. El suelo procedente de la tetechera es extremadamente rico en materia orgánica, bajo en carbono orgánico, alto en K intercambiable, con valores medios en Mg intercambiable, sin problemas de compactación y con textura franco-arcillo-arenosa. El suelo procedente del

bacteria and it was poured 1 milliliter of the dilution 10^{-3} to determine the total number of fungi growth in the culture medium of potato dextrose agar (PDA), it was incubated for 24 to 48 hours at 28 °C. Based on the characteristic development of the evaluated microorganism, was determined the presence and frequency of colonies through a direct count in the petri dish. These results were registered and reported in terms of colony forming units (CFU) per gram of soil. The data was transformed to logarithmic units for its statistical analysis.

The colony forming units per gram of dry soil constitutes one of the units in which the population found of microorganisms is expressed on the soil and can be defined according to Orozco (1999), as the quantity of colonies that develops on a solid culture medium (mainly, agar) from the swabbing in the soil extract with a determined dilution, counted in a petri dish in which can be counted between 30 to 300 individual colonies.

Statistical analysis, the comparison was made through (ANOVA) with a significance level of 5%. For the means separation was applied the Tukey test (≤ 0.05) with the SAS program version 9.2 (SAS Institute, Cary, NC, United States). To satisfy the normality criteria and the homogeneity of variance, the values from the count of the microorganism number were subjected to a logarithmic transformation ($\log_{10}$) and natural logarithm previous to the respective variance analysis, in order to have homogeneity in the data.

Results and discussion

Physical and chemical characteristics of the soil

In the three vegetation patches the soil are minerals since less of 12% of the mineral fraction contains less than 60% of clay. According to the Mexican Official Standard (2010) for the soil analysis, the alkaline evaluated soils are poor in N, high in P, interchangeable cationic capacity and interchangeable Ca, according to the percentage of interchangeable sodium, are soils with no salinity and sodicity problems.

The soil from xeric shrub is rich in organic matter, low on organic carbon, high in interchangeable K and Mg is a loamy-clay-sandy y without compaction problems. The soil from the teteche is extremely rich in organic matter, low on organic carbon, high in interchangeable K, with mean values in interchangeable Mg, without compaction problems and

cardonal es extremadamente pobre en materia orgánica, bajo en carbono orgánico, con valores medios de K y Mg intercambiable y es un suelo franco, con problemas de compactación (Cuadro 1).

with a sandy-clay-loam texture. The soil from cardon is extremely poor in organic matter, low on organic carbon, with mean values of K and interchangeable Mg, is loam, with compaction problems (Table 1).

Cuadro 1. Propiedades físicas y químicos de los suelos de tres parches de vegetación en una zona semiárida de Zapotilán, Puebla.

Table 1. Physical and chemical properties from three soil vegetation patches in a semiarid zone from Zapotitlan, Puebla.

Características	Matorral	Tetechera	Cardonal
	Valores		
Densidad aparente (gcm ⁻³)	1.2	1.1	1.4
Arena (%)	55.3	55.2	35.3
Limo (%)	22	26	40
Arcilla (%)	22.7	18.8	24.7
Clase textural	Franco-arcillo-arenosa	Franco-arcillo-arenosa	Franca
pH	7.8	7.5	7.7
Conductividad eléctrica (dsm ⁻¹)	0.40	0.38	0.39
Capacidad de intercambio catiónico (c mol kg ⁻¹)	39.59	25.04	36.6
Sodio (c mol kg ⁻¹)	3.83	3.09	3.58
Potasio (c mol kg ⁻¹)	15.86	5.62	1.98
Calcio (c mol kg ⁻¹)	32.8	34.5	16.9
Magnesio (c mol kg ⁻¹)	3.6	2.7	1.4
Carbono orgánico (%)	2.01	2.70	0.08
Fósforo orgánico (ppm)	2595	6921	3460
Materia orgánica (%)	3.46	4.65	0.137
Nitrógeno (%)	0.011	0.008	0.005
Fósforo (%)	16.3	18.7	11.7

Variación estacional

Se observaron diferencias en las poblaciones microbianas rizosféricas en función de la época del año y de los tipos de vegetación estudiados, tanto para *Viguiera dentata* como para *Ferocactus latispinus* (Cuadro 2).

Las poblaciones de bacterias de la rizósfera de *Viguiera dentata* fueron mayores para el matorral que para tetechera y el cardonal tanto en la época de lluvias como en la época seca. Mientras tanto, los hongos asociados con *Viguiera dentata* no variaron en la época de lluvias y se observaron mayores poblaciones en la época de sequía en tetechera comparado con matorral y cardonal.

Seasonable variation

Differences were observed in the rizospheric microbial population in function of the time period of the year and the studied vegetation types, both *Viguiera dentate* as for *Ferocactus latispinus* (Table 2).

The bacterial populations from the rhizosphere of *Viguiera dentate* were higher for the shrub than for teteche and cardon, both in rain season as in dry season. Meantime, the associated fungi with *Viguiera dentata* did not vary during rainy season and largest populations were observed in the dry season on teteche compared with shrub and cardon.

Cuadro 2. Comparación de medias de las poblaciones de hongos y bacterias rizosféricas asociadas con *V.dentata* y *F.latispinus* en tres parches de vegetación, en dos épocas del año en el Valle de Zapotitlán, Puebla. Las poblaciones microbianas son expresadas en logaritmo natural.

Table 2. Mean comparison of the rizospheric fungi and bacterial populations associated with *V.dentata* and *F. latispinus* in three vegetation patches, in two time periods in the Valley of Zapotitlan, Puebla. The microbial populations are expressed natural logarithm.

Parches de vegetación	Época del año			
	Lluvias		Secas	
	Bacterias	Hongos	Bacterias	Hongos
<i>V.dentata</i>		ln UFC por gramo de suelo seco		
Matorral	13.38a	16.46a	13.26a	12.86ab
Tetechera	12.50b	15.77a	11.90b	11.34b
Cardonal	12.51b	16.07a	10.40c	14.52a
<i>F.latispinus</i>				
Matorral	13.10a	16.50a	11.08b	11.54a
Tetechera	13.05a	10.61a	13.40a	11.55a
Cardonal	13.56a	16.69a	10.08c	11.64a

Valores con la misma letra, para cada especie vegetal, en cada columna no son estadísticamente diferentes, de acuerdo con la prueba Tukey ($p \leq 0.05$), $n=18$ de las unidades formadoras de colonias por gramo de suelo seco.

Variación estacional entre poblaciones de bacterias y hongos para cada especie vegetal *V.dentata*

Las poblaciones de hongos fueron mayores que la de las bacterias tanto en época de lluvias como en sequía (Cuadro 3a). Esto no corresponde con lo reportado por Aguilar (1998) que reporta el conteo de bacterias y hongos en la rizósfera de mezquite (*Prosopis laevigata*), un árbol de la familia Leguminosae que forma islas de fertilidad en un ecosistema semiárido, a 30 km de Dolores Hidalgo, en el norte del estado de Guanajuato, en donde las poblaciones de bacterias oscilaron entre 16.11 a 17.90 UFC por gramo de suelo seco y para hongos de 10.81 a 12.04 UFC. En un estudio realizado en Chaco que forma parte del desierto de Monte Central de San Juan, Argentina, cuya vegetación está dominada por especies de la familia Zigofilácea (*Bulnesia retama* y *Larrea divaricata* entre otras), se encontró una abundancia mayor de bacterias que de hongos en asociación con arbustos (Vega *et al.*, 2010). González *et al.* (2009) reportaron que las bacterias fueron más abundantes que los hongos con valores de 16.35 ln UFC por gramo de suelo seco y 11.18 ln UFC por gramo de suelo seco respectivamente, en una comunidad de plantas desérticas de artemisa (*Artemisa tridentata*) cerca de Lewiston, Idaho, donde el suelo es de textura franco arenoso grueso con un pH de 7.1.

Seasonal variation among bacterial and fungal population for each *V. dentata* specie

The fungal populations were larger than the bacterial, in both season rain and drought (Table 3a). This doesn't correspond to what Aguilar (1998) reported, who reported that the count of bacterial and fungal in the rhizosphere of mezquite (*Prosopis laevigata*), a tree from the Leguminosae family that forms fertility islands in a semiarid ecosystem, 30 km from Dolores Hidalgo, north in the state of Guanajuato, where the bacterial populations oscillated between 16.11 to 17.90 CFU per gram of dry soil and for fungal from 10.81 to 12.04 CFU. In the study made in Chaco that is part of the desert of Monte Central of San Juan, Argentina, whose vegetation is dominated by species of the Zigofilacea family (*Bulnesia retama* and *Larrea divaricata* among others), it was found a larger abundance of bacteria than fungi in association with shrubs (Vega *et al.*, 2010).

González *et al.* (2009) reported that the bacteria were more abundant than fungal, with values of 16.35 ln CFU per gram of dry soil and 11.18 ln CFU per gram of dry soil respectively, in a community of desert plants of artemisa (*Artemisa tridentate*) close to Lewiston, Idaho, where the soil texture is coarse sandy loam with a pH of 7.1.

Cuadro 3. a) Comparación de medias de las poblaciones de hongos vs bacterias rizosféricas asociadas con *V.dentata* y *F.latispinus*, y b) Comparación de medias de las poblaciones de hongos y bacterias rizosféricas asociadas con *V.dentata* vs *F.latispinus*, en dos épocas del año en el Valle de Zapotitlán, Puebla. Las poblaciones microbianas son expresadas en logaritmo natural.

Table 3. a) mean comparison for the fungal and rhizospheric bacteria populations associated with *V.dentata* and *F.latispinus*; and b) mean comparison for the fungal and rhizospheric bacteria populations associated with *V.dentata* vs *F.latispinus*, in two seasons of the year in the Valley of Zapotitlan, Puebla. The microbial populations are expressed in natural logarithm.

Especie	(a)		(b)	
	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas
<i>V.dentata</i>	ln UFC por gramo de suelo seco bacterias			
Bacterias	10.49b	11.85b	<i>V.dentata</i>	10.49b
Hongos	13.79 ^a	12.90a	<i>F.latispinus</i>	10.94a
<i>F.latispinus</i>	Hongos			
Bacterias	10.94 ^a	11.52a	<i>V.dentata</i>	13.79a
Hongos	12.58 ^a	11.58a	<i>F.latispinus</i>	12.58a

(a) y (b). Valores con la misma letra en una columna, para cada grupo microbiano, no son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) $n=18$ de las unidades formadoras de colonias por gramo de suelo seco.

F. latispinus

A pesar de que no se encontraron diferencias estadísticas entre las poblaciones de bacterias y hongos, éstos últimos fueron más abundantes en época de lluvias y en sequía (Cuadro 3a).

Variación estacional entre las especies vegetales

En este estudio se encontró que existió un mayor número de colonias de bacterias en *F.latispinus* que en *V.dentata* en el período de lluvias. La tendencia contraria se observó en el caso de la época seca para los hongos (Cuadro 3b). Los resultados de este estudio muestran una influencia del tipo de vegetación sobre la abundancia de bacterias. En un estudio realizado en dos ecosistemas áridos del centro de Utah, en los Estados Unidos también mostró una mayor abundancia de UFC de bacterias que de hongos en suelos debajo del arbusto *Artemisia tridentata*, en coincidencia con una mayor tasa de descomposición de la materia orgánica (Saetre y Sartk, 2005).

Estados Unidos de América también mostró una mayor abundancia de UFC de bacterias que de hongos en suelos debajo del arbusto *Artemisia tridentata*, en coincidencia con una mayor tasa de descomposición de la materia orgánica (Saetre y Sartk, 2005).

F. latispinus

Although there were no statistical differences among the fungal and bacterial populations, the latter were more abundant in the rain and drought season (Table 3a).

Seasonal variation among species

This study found that there were a greater number of bacterial colonies in *F.latispinus*, than *V.dentata* in the rain season. The opposite trend was observed in the case of dry season for the fungal (Table 3b). The results in this study show an influence in the type of vegetation over the abundance of bacteria. In a study made in two arid ecosystems at the center of Utah in the United States also showed a larger abundance of bacterial than fungal CFU, in the soil underneath shrubs of *Artemisia tridentata*, in coincidence with a greater rate of organic matter decomposition (Saetre and Sartk, 2005).

Meanwhile there were differences in the dry season between rhizospheric bacteria of *Viguiera dentata* and *Ferocactus latispinus*, the same was observed in fungal (Table 3b). In a similar way, Vega *et al.* (2010) in patches of *Bulnesia retama* and *Larrea divaricata* from the desert of Monte Central in San Argentina found differences in the abundance of total bacteria in the dry season.

Mientras tanto existieron diferencias en la época seca entre las bacterias rizosféricas de *Viguiera dentata* y *Ferocactus latispinus*, lo mismo se observó en hongos (Cuadro 3b). De manera similar, Vega *et al.* (2010) en el desierto del Monte Central en San Argentina en parches de *Bulnesia retama* y *Larrea divaricada*, encontraron diferencias en la abundancia de bacterias totales en la época seca.

Variación estacional entre las poblaciones de bacterias y hongos

En *V. dentata*, las poblaciones de bacterias fueron mayores en la época seca que en la de lluvias. Lo mismo se observó para *F. latispinus* (Cuadro 4). Este resultado contrasta con el de un estudio realizado en Tlapehuala, estado de Guerrero, en la rizósfera de plantas de ilama (*Annona diversifolia* Saff) en cuatro épocas del año, en un suelo de textura franco arenoso y pH de 6.6, las poblaciones de bacterias totales fueron más abundantes en la época de mayor precipitación (Cortés *et al.*, 2009). Berg *et al.* (1998) registraron bajas poblaciones de bacterias en la época seca y altas poblaciones en invierno de un bosque de pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) situado cercano a Wekerom, en los países bajos.

Las colonias de hongos rizosféricas asociadas con *V. dentata* y *F. latispinus* fueron más abundantes en el periodo de lluvias que en el de secas (Cuadro 4). Por su parte Cortés *et al.* (2009) encontraron que las poblaciones de hongos fueron mayores en épocas secas que en la de lluvias en la rizósfera de ilama (*Annona diversifolia* Saff), en un suelo de Tlapehuala, estado de Guerrero.

Análisis comparativo de bacterias vs hongos en dos cambios estacionales de cada especie vegetal

En *V. dentata* (Cuadro 4), las poblaciones de hongos rizosféricos fueron mayores a las de las bacterias en las dos estaciones. Concordantemente, Carneiro *et al.* (2008) reportó que la población de hongos fue mayor al de las bacterias en todos los periodos de un año, en un sitio de Paraíba, Brazil, en una región semiárida. Por su parte Vega *et al.* (2010) reportaron que la densidad de bacterias fue dominante sobre hongos en un suelo que forma parte del desierto del Monte Central de San Juan Argentina, cuya vegetación está dominada por especies de la familia Zigoofilácea.

La población de bacterias fue mayor en *F. latispinus* que en *V. dentata*. Al comparar las colonias de hongos entre las especies; hubo una mayor abundancia de colonias en

Seasonal variation among bacterial and fungal population

In the populations of *V. dentate*, the bacteria were greater in the dry season than in rain. The same was observed for *F. latispinus* (Table 4). This result contrast with a study made in Tlapehuala, state of Guerrero, in the rhizosphere of ilama plants (*Annona diversifolia* Saff) in four seasons of the year, in soils with a sandy loam texture and a pH of 6.6, the total bacteria population were more abundant in the season of more precipitation (Cortes *et al.*, 2009). Berg *et al.* (1998) registered low population of bacteria in the dry season and high population during the winter in a forest of wild pine (*Pinus sylvestris* L.) located close to Wekerom to the Netherlands.

Cuadro 4. Comparación de medias de dos épocas del año de poblaciones de bacterias y hongos rizosféricos asociados con *V. dentata* y *F. latispinus*, y de bacterias vs hongos. Las poblaciones microbianas son expresadas en logaritmo natural.

Table 4. Means comparison in two seasons of the year, in populations of bacterial and rhizospheric fungi associated with *V. dentata* and *F. Latispinus* and bacterial vs fungal. The microbial populations are expressed in natural logarithm.

Especie	Época del año	
	Lluvias	Seca
	ln UFC por gramo de suelo seco	
<i>V. dentata</i>		
Bacterias	10.49bD	11.85aC
Hongos	13.79aA	12.90bB
<i>F. latispinus</i>		
Bacterias	10.94bA	11.52aA
Hongos	12.58aA	11.58aA

Valores con minúsculas con la misma letra, para cada grupo microbiano, en una fila no son estadísticamente diferentes, valores con mayúsculas con la misma letra en columnas y filas son estadísticamente iguales. Según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) $n=18$ y $n=36$ respectivamente de las unidades formadoras de colonias por gramo de suelo seco.

The rhizospheric fungi colonies associated with *V. dentata* and *F. latispinus* were more abundant in the rain season than in dry (Table 4). Meanwhile Cortes *et al.* (2009) found that the fungal populations were greater in the dry season than in rain in the rhizosphere of ilama (*Annona diversifolia* Saff), in a soil of Tlapehuala, in the state of Guerrero.

V.dentata que en *F.latispinus* (Cuadro 4). Silvester *et al.* (1982) consideran que existe una relación directa entre el número y taxa de microorganismos encontrados en las raíces con la especie vegetal considerada.

Al promediar las observaciones de las dos épocas del año, se observó que las poblaciones de microorganismos fueron afectadas diferencialmente por la especie vegetal hospedera (Cuadro 5). Se observaron mayores poblaciones de bacterias asociadas con *V.dentata* que con *F.latispinus*, mientras que la tendencia contraria se observó para el caso de los hongos.

Cuadro 5. Comparación de medias de las poblaciones de hongos y bacterias rizosféricas asociadas con *Viguiera dentata* y *Ferocactus latispinus* a) para cada grupo microbiano; y b) para cada estación, en dos épocas del año en el Valle de Zapotilán, Puebla. Las abundancias de las poblaciones microbianas son expresadas en logaritmo natural.

Table 5. Means comparison of the fungi and rhizospheric bacteria populations associated with *Viguiera dentata* and *Ferocactus latispinus* a) for each microbial group; and b) for each season, in two seasons of the year in the Valley of Zapotitlan Puebla. The abundance of microbial populations is expressed in natural logarithm.

(a)		(b)	
Factor	Poblaciones	Factor	Poblaciones
In UFC por gramo de suelo seco		In UFC por gramo de suelo seco	
Especie	Bacterias	Época	Bacterias
<i>V.dentata</i>	10.49b	Lluvias	10.63b
<i>F.latispinus</i>	11.52a	Secas	11.89a
	Hongos		Hongos
<i>V.dentata</i>	13.28a	Lluvias	13.19a
<i>F.latispinus</i>	11.58b	Secas	12.24a

Valores con la misma letra en una columna, para cada grupo microbiano en (a) y para cada estación (b) no son estadísticamente diferentes. Según Tukey ($p \leq 0.05$) de las unidades formadoras de colonias por gramo de suelo seco.

Se observaron variaciones en los UFC registradas en las dos épocas del año muestreadas. En promedio se observan las siguientes tendencias: a) las UFC de bacterias fueron mayores en el período seco que en el de lluvias para ambas especies (Cuadro 4), b) las UFC de hongos fueron superiores en época de lluvias que en el periodo seco (Cuadro 4), c) las UFC de hongos totales fueron más abundantes que el de las bacterias en la rizósfera de ambas especies en la época de lluvias (Cuadro 4). Esto concuerda con el estudio de Cortés *et al.* (2008) donde reportan que las UFC de hongos registradas en época seca fueron superiores en la rizósfera de ilama (*Annona diversifolia* Saff). Carneiro *et al.* (2008) encontraron que la población de hongos fue mayor en todos los períodos (período1 de octubre de 2003 a septiembre de 2004 y período 2 de octubre de 2004 a septiembre de 2005) de estudio del año en la rizósfera en una zona semiárida brasileña.

Comparative analysis of bacterial vs. fungal in two seasonal changes of each specie

In *V. dentata* populations (Table 4) of rhizospheirc fungi were greater to the bacteria in both seasons. Coincidentally, Cameiro *et al.* (2008) reported that the fungal population was greater to the bacteria in all seasons of the year, in a site of Paraiba, Brazil, in a semiarid region. Meanwhile Vega *et al.* (2010) reported that the density of bacteria was dominant on fungi in a soil that is part of the desert from Monte Central of San Juan Argentina, whose vegetation is dominated by species of the Zigofilacea family.

The bacterial population was greater in *F. latispinus* than in *V. dentata*. Comparing the fungal colonies between species, there was a greater abundance of colonies in *V. dentata* than in *F latispinus* (Table 4). Silvester *et al.* (1982) considers that a direct relationship exists between the number and the microorganism rate found in roots with the considered specie.

By averaging the observations of the two seasons of the year, was observed that the microorganism populations were differentially affected by the host specie (Table 5). Greater bacterial populations were observed associated with *V. dentata* than with *F. latispinus*, as the contrary tendency was observed for the fungal case.

Variations were observed in the registered CFU samplings for the two seasons of the year. On average, the following trends: a) the bacterial CFU were greater in the dry season

Para continuar con otros estudios de densidad microbiana en esta zona se recomienda aumentar la extensión temporal de recolección, así como considerar a un número mayor de especies con estrategias diferentes de historia de vida.

En los sistemas áridos y semiáridos la vegetación se distribuye en parches. Asociados a estos parches, existen microorganismos como hongos y bacterias que son importantes para el crecimiento de las plantas, ya que favorecen la absorción de los nutrientes, fijan nitrógeno e intervienen en la descomposición de la materia orgánica, liberan enzimas fundamentales en el ciclo de los nutrientes, producen hormonas para el crecimiento de las plantas y suprimen patógenos (Vega *et al.*, 2010).

Conclusiones

La abundancia de grupos funcionales microbianos varió entre ambas estaciones y entre las dos especies vegetales. En el periodo de lluvias los hongos fueron abundantes, las bacterias tuvieron mayor abundancia en época seca.

Los valores de colonias de hongos en los parches de vegetación resultaron ser mayores que los de las bacterias en ambas especies, pudiéndose decir que la población microbiana de hongos rizosféricos puede ser un factor determinante en los suelos, debido a su sensibilidad.

El conteo microbiológico de bacterias y hongos totales puede ser utilizado en estudios referentes a colonización y establecimiento de plantas, al mostrara en términos de su abundancia que son sensibles a los tipos de planta y al clima, además de que la variación de la biomasa microbiana es un indicador medible, debido a que es una de las pocas fracciones de materia orgánica, biológicamente significativa.

Así las poblaciones de bacterias y hongos tienen el potencial para ser utilizados como indicadores de la invasibilidad, ya que nos permiten saber la situación actual del suelo, son rápidos de medir, además de que su distribución espacial está relacionada con variaciones en la cantidad y calidad de la materia orgánica, con la disponibilidad de los nutrientes y con la humedad del suelo.

than in the rain for each specie (Table 4); b) the fungal CFU were superior in the rain season than in dry (Table 4); and c) the CFU of total fungi were more abundant than in the rhizosphere bacteria of both species in the rain season (Table 4). This agrees with the study of Cortes *et al.* (2008) who reported that the registered fungal CFU in dry season were superior in the rhizosphere of ilama (*Annona diversifolia* Saff). Carmeiro *et al.* (2008) found that the fungal population was greater in all the periods (period 1 from October 2003 to September 2004 and period 2 from October 2004 to September 2005) of study of the year in the rhizosphere in a semiarid Brazilian zone.

To continue with other studies of microbial density in this zone is recommended to increase the temporal extension of recollection, as to consider a greater number of species with different strategies in their history of life.

In the arid and semiarid systems the vegetation is distributed in patches. Associated to this patches, there exist microorganism like fungi and bacteria that are important for the plants growth, as they favor the nutrients adsorption, fix nitrogen and intervene in decomposition of the organic matter, release fundamental enzymes in the nutrient cycle, hormone production for the plants growth and suppress pathogens (Vega *et al.*, 2010).

Conclusions

The abundance of microbial functional groups varies between both seasons and between the two species. In the rain season the fungal were abundant, the bacteria had greater abundance in the dry season.

The colony values of fungi in the vegetation patches resulted to be greater than the bacteria in both species, being able to say that the microbial population of rhizospheric fungi can be a determinant factor in soils, due to its sensibility.

The microbiological count of total bacteria and fungi can be used in studies on plants colonization and establishment, showing in terms of its abundance that are sensible to the plant type and weather, besides the variation of the microbial biomass is a measurable indicator, due to is one of the few fractions of organic matter, biologically significant.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte de la tesis doctoral de la primera autora en el Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud de la Universidad Autónoma Metropolitana.

Although the bacterial and fungal population has the potential to be used as indicators for the invasiveness, due to, they allow us to know the actual situation of the soil, fast to measure, besides its spatial distribution is related with variations in the quantity and quality of the organic matter, with nutrients availability and soil moisture.

End of the English version

Literatura citada

- Acuña, O.; Peña, W.; Serrano, E.; Pocasangre L.; Rosales, F.; Delgado, E.; Trejos J.; Segura, A.; Ferrera-Cerrato y Pérez-Moreno, J. 2006. La importancia de los microorganismos en la calidad y salud de los suelos. Acorbat. XVII. Reunión Internacional de Bananicultura un Negocio Sustentable. Celebrada del 15-20 de octubre en Brasil. 222-223 pp.
- Aguilar, L. A. 1998. Caracterización microbiológica y fisicoquímica de suelos de islas de fertilidad de mezquite en un ecosistema semiárido. Tesis de Licenciatura. Instituto de Ciencias Agrícolas. Universidad del Estado de Guanajuato, Irapuato, Guanajuato, México, D. F. 152 p.
- Arias, S.; Gama, S. y Guzmán, L. U. 1997. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Fascículo 14. Cactaceae A. L. Juss. UNAM. México, D. F. 44 p.
- Blake, G. R. and Hartge, K. H. 1986. Bulk density *In*: Klute, A. (Ed.). Methods of soils analysis. Part I. Physical and mineralogical methods: Agron. Monograph. 9:363-375.
- Berg, M. P.; Kniese, J. P. and Verhoef, H. A. 1998. Dynamics and stratification of bacteria and fungi in the organic layers of a scots pine forest soil. Biol. Fertility Soils. 26:313-322.
- Bremer, J. M. 1965. Total nitrogen. *In*: Black, C. C. (Ed.) Methods of soil analysis. Part 2. Agronomy.. Am. Soc. Agron. Madison Wisconsin. 9:1149-1178.
- Campbell, C.; Grayston, S. and Hirst, D. 1997. Use of rhizosphere carbon sources in sole carbon source test to discriminate soil microbial communities. J. Microbiol. Methods. 30:33-41.
- Carneiro, S. P.; Souto, J. S.; Paes, J. R.; Vital, S. R. y Rocha, A. A. 2008. Comunidades microbiana e mesofauna edáfica en solo Caatinga no semi-árido de Paraíba. Rev. Brasileira de Ciencia do Solo. 32:32:151-160.
- Garbisu, C.; Becerril J., M.; Epelde, L. y Alkorta, I. 2007. Bioindicadores de la calidad del suelo: herramienta metodológica para la evaluación de la eficacia de un proceso fitorremediador. Ecosistemas. 16:44-49.
- González, F. A.; Robles, H. L.; Núñez, B. A.; Strap, J. L. and Crawford, D. L. 2009. Molecular and cultural análisis of seasonal actinomycetes in soils from *Artemisia tridentata* habitat. Phyton. Buenos Aires. 78:83-90.
- Hernández, M. H. y Godínez A., H. 1994. Contribución a las cactáceas mexicanas amenazadas. Acta Botánica Mexicana. 26:33-52.
- Herrera, R. 1993. General methodology to analyze rootlets, raw humus and VAMycorrhizal (VAM) components. Cuba. 1-8 pp.
- Hoffman, J.; Bezchlebová, J.; Dusek, L.; Dolezal, L.; Holoubek, I.; Andel, P.; Ansorgová, A. and Maly, S. 2003. Novel approach to monitoring of the soil biological quality. Agric. Ecosystem Environ. 88:169-174.
- Jiménez, M. J. M. 2009. Invasividad de comunidades vegetales en una zona árida del trópico mexicano. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Metropolitana. México, D. F. 66 p.
- Martínez, A. C.; Mauri, G. y Chan, I. 2006. Características biológicas de los principales suelos de Cuba I. Microbiota total. Ciencias de la Agricultura. 9:91-102.
- Miranda, F. 1947. Estudios sobre la vegetación de México. V. Rasgos de la vegetación en la Cuenca del Río de las Balsas. Revista Soc. Mex. Hist. Nat. 8:95-114.
- Morell, P. F. y Jiménez, H., A. 2008. Degradación de las propiedades agrobiológicas de los suelos Ferralíticos rojos lixiviados por la influencia antrópica y su respuesta agroproductiva al mejoramiento. Agron. Trop. 58:335-343.
- Olsen, S. R.; Cole, C. V.; Watanabe, F. S. y Dean, L. A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circular 939:1-19. Gov. Printing Office Washington D. C. 939:1-19.

- Cortés-Sarabia, J.; Pérez-Moreno, J.; Delgadillo M., J.; Ferrera-Cerrato, R. y Ballesteros-Patrón, G. 2009. Estacionalidad y microorganismos rizosféricos de ilama (*Annona diversifolia* Saff) en huertos naturales del trópico seco. *Terra Latinoamericana*. 27:27-34.
- De la Peña, E. 2009. Efectos de la biota edáfica en las interacciones planta-insecto a nivel foliar. *Ecosistemas*. 18:64-78.
- Orozco, F. H. 1999. Biología del nitrógeno. Conceptos básicos sobre sus transformaciones biológicas. Tomo I. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Medellín. 231 p.
- Osorio, O.; Valiente-Banuet, A.; Dávila, P. y Medina, R. 1996. Tipos de vegetación y diversidad B en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 59:35-58.
- Ramírez, C. M.; González, N. S. y Sauri, D. E. 2000. Efecto del tratamiento térmico temporal de la miel sobre la variación de su calidad durante el almacenamiento. *Apiacta*. 35:162-170.
- Ramos, V. E. y Zúñiga, D. D. 2008. Efecto de la humedad, temperatura y pH del suelo en la actividad microbiana a nivel de laboratorio. *Ecología Aplicada*. 7:2-8.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Editorial Limusa. México. 432 pp.
- Rzedowski, G. C. de y Rzedowski, J. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2ª ed. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad Pátzcuaro, Michoacán, México, D. F. 432 p.
- Saetre, P. and Sartk, M. 2005. Microbial dynamics and carbon and nitrogen cycling following re-wetting of soils beneath two semi-arid plant species. *Oecología*. 142:247-260.
- Sarquís, J. J.; Coria, N. and González, R. H. 2010. Physiology and photosynthesis in chimalacate (*Viguiera dentate*) in the Zapotitlan de las Salinas Valley of Tehuacan Biosphere Reserve in Puebla, Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 12:361-371.
- Silvester, R.; Asakawa, N.; La Torraca, S.; Magalhaes, F. y Pereira, R. 1982. Levantamiento cuantitativo de microorganismos de fosfatos. *Acta Amazónica*. 12:15-22.
- Villaseñor, J. L.; Dávila, P. y Chiang, F. 1990. Fitogeografía del Valle de Tehuacán-Cuicatlán *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 50:135-149.
- Vega, A. A.; Toro, M. E.; Baigori, M.; Fernández, L. y Vázquez, F. 2010. Influencia de la vegetación en la variación espacial de la abundancia de los microorganismos en el desierto del Monte, San Juan, Argentina. *Ecología Austral*. 20:247-256.
- Vite, F.; Zavala-Hurtado, J. S.; Armela, M. A. y García, M. D. 1992. Regionalización y caracterización macroclimática del matorral xerófilo. Superficies de respuesta a variables climáticas de once géneros de plantas característicos de este tipo de vegetación. Carta escla 1:18 000 000. Atlas Nacional de México. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 8:909-902.
- Wakley, A. and Black, A. 1934. An examination of the Degtjareff method and a proposed a modification of the chromic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci*. 34:29-38.
- Wolfe, B. E. and Klinomoros, J. N. 2005. Breaking new ground: Soil communities and exotic plant invasion. *Bioscience*. 55:477-487.
- Zavala-Hurtado, J. A. 1982. Estudios ecológicos en el valle semiárido de Zapotitlán, Puebla. I. Clasificación numérica de la vegetación basada en atributos binarios de presencia y ausencia de las especies. *Biotica*. 7:99-119.
- Zavala-Hurtado, J. A.; Valverde, P. L.; Díaz-Soliz, A.; Vite, F. and Portilla, E. 1996. Vegetation-environment relationships based on a life forms classification in a semiarid region of Tropical Mexic. *Rev. Biol. Trop*. 44:561-570.