

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

**“ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE AMEBAS  
DESNUDAS DE VIDA LIBRE DE LAS COSTRAS  
BIOLÓGICAS DEL SUELO DE UNA TERRAZA  
DEGRADADA EN EL VALLE DE ZAPOTITLÁN  
SALINAS, PUEBLA”**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**B I Ó L O G O**

P R E S E N T A:

**HÉCTOR JAIME RAMÍREZ VÁZQUEZ**

DIRECTOR DE TESIS:

**Dr. Salvador Rodríguez Zaragoza**





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



*Nadie habría creído en los primeros años del siglo XXI que nuestro mundo estaba siendo vigilado por inteligencias superiores a la nuestra. Y que mientras los hombres atendían a sus diversos asuntos, éstas les observaban y estudiaban del mismo modo que un hombre puede escudriñar con un microscopio las criaturas que pululan y se multiplican en una gota de agua. Infinitamente satisfechos de sí mismos los hombres iban y venían por el globo... seguros de dominar el mundo. Pero a través del abismo del espacio inteligencias frías, bastas, y hostiles contemplaban nuestro planeta envidiosos, y lentas, pero seguras, trazaban planes de conquista.*

*(...)*

*Desde el momento en que los invasores aparecieron respiraron nuestro aire, comieron y bebieron. Estuvieron condenados. Tras fracasar las armas y los recursos del hombre fueron reducidos, destruidos, por las criaturas más diminutas que Dios, en su sabiduría puso sobre la Tierra. Mil millones de muertos hicieron al hombre acreedor a su inmunidad, al derecho a sobrevivir entre los infinitos organismos de este planeta. Y ese derecho es nuestro ante todo adversario. Pues el hombre no vive, ni muere en vano.*

*-La Guerra de los Mundos*

## ***Agradecimientos***

Antes que nada quiero agradecer a la **UNAM** por haberme permitido crecer académicamente y personalmente, ya que es mi segunda casa en toda la extensión de la palabra.

Al **Dr. Salvador Rodríguez Zaragoza**, por permitirme realizar este trabajo en el laboratorio de Ecología Microbiana ya que gracias a su apoyo, enseñanzas, paciencia, buen humor y sobre todo esa pasión que trasmite por hacer las cosas, inspira para seguir adelante en el arte de la investigación.

A mis sinodales:

**Dra. Ma. del Rosario Sánchez Rodríguez**

**Dr. Daniel Jesús Muñoz Iniestra**

**Dr. Víctor Rivera Aguilar**

**M. en C. Francisco López Galindo**

Por su valiosa participación en las revisiones, correcciones y comentarios para que se pudiera concluir este trabajo.

## *Dedicatorias*

Este trabajo se los dedico especialmente a mis padres **Adelina y Héctor Jaime**, ya que sin su apoyo a lo largo de mi vida no estaría aquí escribiendo estas cuantas palabras para ellos, gracias por su cariño, amor, paciencia y el apoyo incondicional en todos los aspectos (eso incluye la beca familiar), mejores padres no pude haber tenido saben lo mucho que los amo.

A mis hermanos **Raymundo y Elizabeth**, por todos esos infinitos momentos que he pasado con ustedes (aventuras, travesuras, risas) en verdad eso no lo cambio por nada, todos los días aprendo algo nuevo con ustedes y lo que nos falta por vivir los amo.

A mi familia; Bisabuelos, abuelos, tíos, primos, sobrinos sé que son muchos, gracias por confiar en mí y ser parte importante en mi vida, aprendo mucho de todos ustedes desde los más veteranos hasta los más pequeños.

A **Lilian**, gracias bonita por todo este tiempo que has estado conmigo en las buenas y en las malas, en ti encontré muchas cosas que desconocía, te agradezco por esos momentos únicos e irrepetibles y lo que nos falta por vivir *tqmadblhp*.

A mis valedores **Da, Jorch, Anabel y Axcel**, muchas gracias son como mis hermanos postizos, en ustedes encontré todo tipo de apoyo (sin albur) y sé que puedo contar con ustedes en las buenas y en las malas y no se diga las horas y horas de diversión ilimitada.

A mi familia académica; **Sandra**, por enseñarme y tenerme paciencia al descubrir el mundo de las ameboburbujas a **Laurita**, por todos los consejos y compartir momentos en las competencias y en las horas chancha que por cierto son ¡reglamentarias!

A **Flavio Camacho**, mi entrenador, los agradecimientos son muchos ya que gracias a sus consejos y su entrega al deporte he aprendido que debemos ser “constante y sonante” para lograr nuestras metas en la vida y sobre todo siempre ir *A RITMO*.

Al profesor **Ramón**, por los consejos y ese enfoque tan particular que le da a las cosas, pero por supuesto que a los miles de chistes y chascarrillos que debes en diario nos deleita.

A la banda micro: **Abbid, Alonso, Ana, Angie, Candis, Carlitos, Cruzeñi, Dianita, Eliseo kit, Erika, Erick, Horacio, Isabel, Joven Mario, Samantha, Shushis y Xime**, gracias por los buenos momentos, consejos, amistad y ayudarme siempre que lo necesite infinitas gracias.

A la manada Inc, **Adri, Chistian, Ismael, Obed, Magui, Paty y Yos**, por todos esos momentos llenos de risa, alegría y de aprendizaje.

A mis amigos que hice en la carrera **Adelaida, Aldo, Ana, Ariel, Artur “R2D2”, Irais, Isaac, Marcela, Raúl, Sandi Pao y Ximena** gracias por su amistad.

A toda la **banda del 52**, por todo ese tiempo en las aulas de las fes en las prácticas de campo, fue un placer convivir con todos ustedes.

A la banda de atletismo en especial a **Alan, Israel, Natis, Oswaldo, Parientito y Sergio**, por esos entrenamientos rigurosos y de sufrir en las pistas todos los días y sobre todo por la amistad que forme con todos ustedes muchas gracias.

A mis amigos de hace muchos ayeres **Esteban, Hernán, Jovani, Josafa y Cano**, los estimo mucho carnales.



<b>Resumen</b>	1
<b>Introducción</b>	2
<b>Antecedentes</b>	8
<b>Pregunta</b>	9
<b>Objetivos</b>	9
Objetivo general	9
Objetivos particulares	9
<b>Justificación</b>	10
<b>Área de Estudio</b>	11
<b>Materiales y Métodos</b>	15
Toma de muestras	15
Determinación del volumen mínimo para obtener la comunidad de amebas presentes	16
Determinación de especies de amebas	16
Estimación del NMP de amebas	17
Frecuencia de amebas	18
Establecimiento de los grupos tróficos	18
Índices Ecológicos	18
<b>Resultados</b>	19
Determinación del volumen mínimo de la muestra	19
Riqueza de amebas	21

Comunidad de amebas en CBSr	22
Grupos tróficos en CBSr	22
Comunidad de amebas en CBSI	23
Grupos tróficos en CBSI	23
Abundancia de amebas	28
Índices Ecológicos	29
<b>Discusión</b>	<b>31</b>
<b>Conclusión</b>	<b>37</b>
<b>Referencias</b>	<b>38</b>
<b>Anexos</b>	<b>46</b>
Anexo I: Abreviaturas	46
Anexo II: Imágenes de AVL	47

## Resumen

Las costras biológicas del suelo (CBS) pueden representar hasta el 70% de la cobertura en zonas áridas y semiáridas, compuestas de bacterias heterotróficas, cianobacterias, algas verdes, diatomeas, líquenes, musgos, hepáticas y hongos no liquenizados y son el alimento o el hábitat de distintas especies de animales invertebrados como moluscos, artrópodos, nemátodos y protozoos. Los protozoos de vida libre son un grupo muy diverso y son importantes en los ecosistemas por la función que cumplen en el ciclo de nutrientes y el flujo de energía. Las AVL (amebas de vida libre) están distribuidas mundialmente, pero la composición de especies específicas de un sitio particular depende del entorno en el que éstas se encuentran. En este estudio la estructura de la comunidad de amebas estuvo conformada por 36 especies de amebas, pertenecientes a 24 géneros de 15 familias en las CBSI (Costra biológicas del suelo lisas) y CBSr (Costras biológicas del suelo rugosas). En las CBSr existió una mayor diversidad de amebas obtuvo 33 especies, mientras que en las CBSI hay una menor diversidad de amebas con 16 especies, en ambas comunidades los géneros *Vahlkampfia*, *Mayorella* y *Vannella* tuvieron mayor riqueza de especies y *Hartmannella vermiformis* se encontró en todas las submuestras analizadas. En cuanto a la abundancia de AVL existió una diferencia entre las CBSr y las CBSI ya que existe un número más elevado de AVL en las CSBr con respecto a las CBSI. Por lo que las CBSr proporcionan las condiciones favorables para el establecimiento de una comunidad de amebas más diversa.

La comunidad de amebas está constituida por 7 grupos tróficos, de los cuales en las CBSr se hallaron los siete grupos y en las CBSI hubo una disminución los grupos tróficos. El grupo bacterívoro domino en los dos tipos de CBS, dicha diferencia puede estar relacionada por los recursos disponibles en las diferentes CBS.

## Introducción

Las costras biológicas del suelo (CBS) son los componentes bióticos que cubren los numerosos claros desprovistos de cobertura vegetal en los ecosistemas áridos y semiáridos. Las costras biológicas están formadas por la asociación entre partículas de suelo y una comunidad de organismos altamente especializados (Belnap et al., 2001), tales como bacterias heterotróficas, cianobacterias, algas verdes, diatomeas, líquenes, musgos, hepáticas, hongos no liquenizados y protozoos (West., 1990; Johansen., 1993; Belnap., 1994; Rivera-Aguilar et al., 2004). Estas comunidades adquieren un papel fundamental en el control de la escorrentía, la distribución del agua, la velocidad de flujo, disminución de la erosión y ayuda al establecimiento de las plántulas en comunidades desérticas con ambientes rigurosos (Belnap *et al.*, 2001). Las CBS pueden representar hasta el 70% de la cobertura en estos medios. Además, se les considera como los primeros colonizadores en ecosistemas que han sufrido alteraciones de gran magnitud (Veste, 2005). Tienen habilidades extraordinarias para sobrevivir la desecación, temperaturas extremas (hasta 70°C), radiación solar elevada, pH alto, y salinidad alta (West, 1990). La mayor parte de la energía y los materiales de la atmósfera que entran y salen los suelos desérticos debe pasar por este tipo de costras (Belnap et al., 2003).

La formación de las CBS comienza con el establecimiento y crecimiento de cianobacterias filamentosas durante eventos episódicos, en donde existe humedad suficiente y disponible para estos organismos, seguida de la captura de partículas minerales por redes de cianobacterias que, gracias a la liberación de exudados mucilaginosos y ricinas, consolidan el suelo bajo ellas, formando un entramado en la superficie y eventualmente llegan protozoos, otras cianobacterias y bacterias para que finalmente se establezcan los musgos y líquenes; todos los organismos en conjunto forman una capa delgada desigual que mide entre 1 y 10 cm de espesor sobre el suelo (Figura 1) (Belnap y Lange., 2001; Lange et al., 1992; Johansen, 1993).

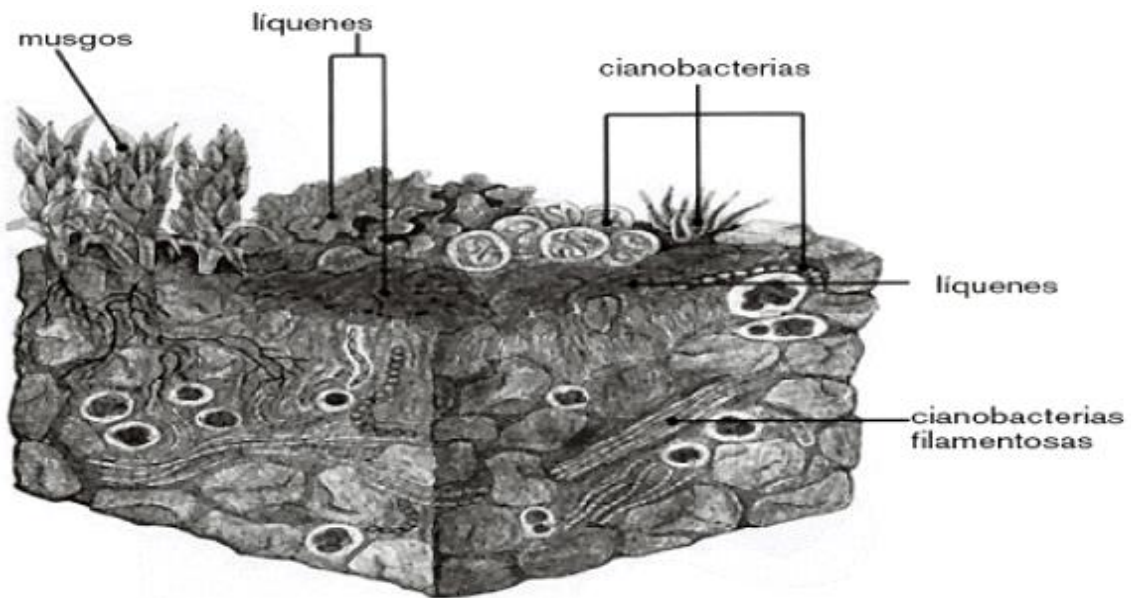


Figura 1. Corte de la capa superficial del suelo donde se observa a los organismos que conforman la CBS. Tomado de Belnap y Lange (2001).

Según el grupo de organismos dominantes, las CBS's se suelen clasificar como de cianobacterias, líquenes, musgos y de algas verdes.

Las costras de cianobacterias suelen ser oscuras o negras y han sido muy estudiadas debido a su amplia distribución en zonas áridas y semiáridas de todo el planeta. Su amplia distribución se debe en buena parte a la dispersión de estos organismos y a su capacidad para soportar condiciones extremas de temperatura y humedad (Vitousek et al., 2002). Este tipo de CBS suele ser muy abundante y llegar a ocupar hasta un 95% de la superficie (Castillo-Monroy et al., 2011).

La CBS dominada por líquenes es fácilmente identificable, presentando una amplia gama de formas y colores. La distribución de los líquenes está fuertemente influenciada por las condiciones climáticas, principalmente por la distribución y frecuencia de las lluvias. Los líquenes generalmente se desarrollan más

lentamente que los musgos, aunque al igual que ellos prefieren áreas estables, en suelos con textura fina y generalmente alcalinos (Rogers y Lange., 1972; Rogers, 1977).

La CBS dominada por musgos también está ampliamente distribuida en zonas áridas y semiáridas de todo el planeta, siendo el contenido en arcilla y el pH dos importantes factores que determinan su distribución (Kleiner y Harper, 1977; Anderson et al., 1982). Se pueden encontrar en zonas secas donde el suelo no se congela y el potencial de evapotranspiración es medio-bajo. Suelen ser especialmente abundantes en los microambientes más húmedos de los ecosistemas áridos y semiáridos (Castillo-Monroy et al., 2010).

La CBS dominada por algas, aunque pueden no ser fácilmente observables, tienen una gran importancia ecológica, ya que protegen los suelos de zonas dunares de la acción erosiva, contribuyendo a su fijación (Hu et al., 2002; Zhang et al., 2007). Este tipo de CBS es muy abundante en latitudes altas, en regiones desérticas frías donde los suelos se congelan y el potencial de evapotranspiración es muy bajo (Belnap, 2006). Al ser las algas organismos primocolonizadores, juegan un papel crítico en la sucesión natural, facilitando la posterior colonización de estos sustratos por líquenes, musgos y plantas vasculares (Castillo-Monroy et al., 2010).

Las CBS se desarrollan cuando los organismos agregan partículas minerales en una capa cohesiva en la superficie del suelo (Bailey et al., 1973; Cambell et al., 1989). Estas costras son el resultado de una relación fuerte entre las partículas del suelo y comunidades de microorganismos que crecen en capas muy finas (5-50 mm) en la superficie del suelo o inmediatamente debajo de la superficie, estableciendo diversas interacciones biológicas con otros organismos de la comunidad. Esta comunidad de microorganismos ayuda a la estabilidad del suelo, sobre todo en costras constituidas principalmente por cianobacterias y protozoos. Gracias a su crecimiento filamentosos y liberación de exudados alrededor de las

células, logran unir las partículas del suelo formando agregados. De igual modo los musgos, hongos y líquenes ayudan a la estabilización del suelo al formar agregados de éste, a través de sus hifas y rizoides (Departament of agricultura, 1997).

Las CBS son el alimento o el hábitat de distintas especies de animales invertebrados como moluscos, artrópodos, nematodos y protozoos (Rivera-Aguilar et al., 2004). Los protozoos son un puente importante entre la mesofauna y la microfauna, pues, aunque hay grupos de nématodos que se alimentan de bacterias, éstos crecen mejor cuando se incluyen protozoos en su dieta (Anderson et al., 1987).

Las comunidades de protozoos están formadas por especies dominantes, comunes y raras en ambientes sin perturbación recurrente (Mondragón-Camarillo, 2007; Cortés Pérez, 2009) y se ven afectadas de manera indirecta por el tipo de materia orgánica que enriquece el suelo (Rodríguez Zaragoza et al., 2008). Puede inferirse que las comunidades microbianas se acoplan y moldean al tipo de materiales que tienen disponibles (Rodríguez-Zaragoza et al., 2008; Steinberger et al., 2009), por lo que las amebas de vida libre forman parte de éstas comunidades que transforman la materia orgánica en redes tróficas. De las cuales presentan preferencia alimenticias que permiten catalogarlas como bacterívoras, fungívoros, algívoros, carnívoros y omnívoros (Rodríguez-Zaragoza, 2005).

Los protozoos del suelo son más pequeños que los planctónicos y se adaptan mejor a vivir sobre pequeñas películas de agua que rodean a las partículas del suelo. Estos son heterótrofos y su fuente nutritiva básica son bacterias, aunque, en ciertas situaciones, también se alimentan de levaduras, actinomicetos, hongos y algas. La actividad básica de los protozoos es el ramoneo sobre los microorganismos que participan en la descomposición de los residuos orgánicos que posteriormente lo integran al suelo en elementos que le sirven a la planta como nutrientes para su crecimiento (Seoanez, 2005). Aunque se ha sugerido que

gran número de bacterias fijadoras de nitrógeno, podrían de forma indirecta la fertilidad del suelo (Owen, 2008).

Los protozoos de vida libre son un grupo muy diverso y son importantes en los ecosistemas por la función que cumplen y están relacionados en los ciclos de nutrientes y el flujo de energía. (Petz, 1997). Se reconocen 5 grupos morfológicos: ciliados, flagelados, amebas desnudas, amebas testadas y esporozoarios; aunque esta agrupación no considera la función que desempeñan en el suelo (Rodríguez-Zaragoza, 2005).

Las amebas de vida libre (AVL) habitan en una amplia gama de ambientes; sin embargo su estudio es complejo, debido a su tamaño. Las AVL están distribuidas mundialmente, pero la composición de especies específicas de un sitio particular depende grandemente del entorno en el que éstas se encuentran, cómo arribaron, en qué estado fisiológico ingresaron, las condiciones físicas y químicas del terreno y, como depredadores, la calidad del alimento que el terreno les ofrece (Page, 1988).

Los estudios microbiológicos del suelo han dedicado poca o ninguna atención a las amebas desnudas, a las interacciones entre ellas y con los hongos, bacterias y algas. Aun cuando las AVL no son los únicos depredadores en los suelos, estas han sido reconocidas como los controladores principales del crecimiento poblacional bacteriano, debido a su rápida respuesta a los incrementos bacterianos. Como un grupo, las AVL pueden alimentarse de bacterias, hongos, algas y otros protozoarios, incluyendo a otras amebas (Evans, 1980).

La importancia ecológica de las AVL no ha sido estudiada adecuadamente, los primeros estudios sobre su presencia demostraron que son organismos cosmopolitas, pero no se sabe realmente si las especies patógenas son capaces de desarrollarse en cualquier lugar en el ambiente, ni sus tamaños poblacionales en la naturaleza. La presencia de las AVL en la mayoría de los ambientes nos permite establecer su importancia ecológica como reguladores naturales del crecimiento poblacional bacteriano. Se necesitan estudios para determinar la



selectividad de las presas, el valor nutricional de las mismas y la relación depredador-presa dentro del sistema edáfico. La preferencia por ciertas presas y su valor nutricional puede ayudarnos a entender como están ensambladas las comunidades de AVL en el ambiente.

## Antecedentes

- Herrera, C., et al, en el 2001, determinó la riqueza de especies de amebas desnudas presentes en un suelo desnudo y otro conservado, de Zapotitlán Salinas, Puebla. En el suelo conservado identificó 6 especies de *Acanthamoeba*, una de *Vahlkampfia* y 2 de *Echinamoeba*; mientras que en el suelo degradado identificó 2 especies de *Acanthamoeba*, una de *Platyamoeba* y una de *Vahlkampfia*.
- Rivera, A., et al, en el 2006, evaluaron la distribución y composición de las cianobacterias, musgos y líquenes de las costras biológicas del suelo del Valle de Tehuacán, Puebla y encontraron 7 especies de cianobacterias, 19 especies de musgos y 8 especies de líquenes.
- González-Lozano y Rodríguez-Zaragoza en el 2007, realizaron un estudio de comunidades de amebas en diferentes microambientes del suelo en Zapotitlán Salinas, observaron diferentes especies en cada microambiente y los géneros *Vahlkampfia*, *Platyamoeba*, *Mayorella*, *Hartmannella* y *Acanthamoeba* fueron las más frecuentes.
- Bamforth en el 2007, realizó un estudio en tierras áridas y semiáridas de la riqueza y abundancia de protozoarios como el principal componente faunístico asociado a la CBS que están conformadas principalmente por la microfauna, donde encontró 28 especies de amebas, 45 de ciliados, y 19 especies de amebas testadas.
- Darby, B.J., et al, en el 2009, observó la influencia relativa de las plantas vasculares y las costras biológicas del suelo en el desierto, evaluando la abundancia y composición de la comunidad de nemátodos del suelo y protozoos.
- Pérez-Juárez en el 2010, determinó las diferentes comunidades de AVL que habitan en la zona de raíces de 2 plantas leguminosas en un suelo degradado, en un gradiente de 0-30 cm, de profundidad en el valle de Zapotitlán Salinas, Puebla. Identificó 7 familias, 11 géneros y 31 especies, de las cuales la familia *Vahlkampfiidae* se presentó con mayor frecuencia.

## **Pregunta**

¿Cuál es la estructura de la comunidad de amebas desnudas de vida libre de las costras biológicas del suelo de una terraza degradada en el Valle de Zapotitlán Salinas, Puebla?

## **Objetivo General**

- Determinar la estructura de la comunidad de amebas desnudas de vida libre de las costras biológicas del suelo de una terraza degradada en el Valle de Zapotitlán Salinas, Puebla.

## **Objetivos Particulares**

- Determinar la riqueza de especies de amebas desnudas de vida libre de las costras biológicas del suelo de una terraza degradada en el Valle del Zapotitlán Salinas, Puebla.
- Evaluar la abundancia de amebas desnudas de vida libre de las costras biológicas del suelo de una terraza degradada en el Valle del Zapotitlán Salinas, Puebla.
- Determinar los grupos tróficos de amebas desnudas de vida libre de las costras biológicas del suelo de una terraza degradada en el Valle de Zapotitlán Salinas, Puebla.

## **Justificación**

En México, aproximadamente 60% del territorio está cubierto por zonas áridas y semiáridas que presentan graves problemas de deterioro ambiental. Las CBS's cumplen una función importante ya que representan el 70% de la cobertura viva en estos ecosistemas, es importante conocer los organismos que la conforman para poder determinar la función que cumplen, ya que los estudios relacionados con el monitoreo de estas comunidades microbianas, se han enfocado en estudiar a estos sistemas como modelo para ver las relaciones entre biodiversidad y funcionamiento ecosistémico, por lo que es importante entender la dinámica de estos ambientes para así contribuir con su conservación ya que dan soporte y sostén al suelo. (Rivera-Aguilar et al., 2004).

## Área de Estudio

El valle de Zapotitlán Salinas, se localiza en el sureste del estado de Puebla, entre los 17°39' y los 18°53' de altitud N y los 96°55' y 97°44' de longitud W. Se encuentra a una altitud media de 1,676 msnm. El Valle limita al Este con las Sierras de Atzingo y Miahuatepec, al Norte con los cerros Chacateca y Pajarito, al Oeste con los cerros Gordo y Otate y al Sur con los cerros Yistepec y Acatepec (Dávila et al., 2002; López-Galindo et al., 2003; Rzedowski, 1981).

El valle de Zapotitlán, forma parte de la reserva de la biósfera Tehuacán-Cuicatlán, Puebla (López *et al.*, 2003), se encuentra enclavado en la porción occidental del valle de Tehuacán-Cuicatlán (Figura 2), cubre una región aproximada de 400 km<sup>2</sup> (de los casi 10,000 km<sup>2</sup> totales del valle de Tehuacán-Cuicatlán), y es considerada un centro global de endemismos y megadiversidad a nivel mundial por la *International Union for the Conservation of Nature* (IUCN) (Dávila et al., 2002). Sostiene aproximadamente 3,000 especies de plantas, de las cuales alrededor del 30% son endémicas. También se ha estimado que posiblemente sea la zona árida de Norteamérica con mayor diversidad (Dávila, 2002), Recientemente fue declarada (1998) reserva de la biósfera por el gobierno mexicano y la United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Unesco) (Dávila *et al.*, 2002; Rivera-Aguilar *et al.*, 2006).

El clima de la región de acuerdo al sistema de clasificación climática de Köppen modificado por García (1988), es seco semiárido, con lluvias durante el verano (BSohw) y poca oscilación térmica, variando entre 5 y 7°C, con una temperatura fluctuante entre los 17.6 y los 23.7°C y una media anual de 21°C. El Valle de Zapotitlán tiene una precipitación anual que varía entre los 400 a los 450mm; alcanza su mayor proporción durante la estación lluviosa, la cual se extiende de junio a agosto, con un periodo bien definido de sequía intraestival durante el mes de julio, conocido como “canicula” (Dávila et al., 2002; López-Galindo *et al.*, 2003; Rivera-Aguilar et al., 2006). La temporada de lluvias se divide en dos periodos: lluvias ligeras en junio seguido de un periodo seco en julio y tormentas en agosto

hasta mediados de septiembre. La mayor parte de la precipitación se produce durante este último período (López et al., 2003).

Por otro lado, los vientos dominantes en el área siguen direcciones Este y Sureste con una velocidad entre 6 y 11 km/h para los primeros y de 13 a 26 km/h, para los segundos, especialmente en los meses de febrero y marzo (Dávila et al., 2002; López-Galindo *et al.*, 2003; Rivera-Aguilar *et al.*, 2006).

Desde el punto de vista *edáfico*, el suelo del valle es en mayor parte somero, pedregoso y muestra diferentes niveles de alcalinidad y salinidad, producto de la influencia de los diferentes substratos geológicos presentes en el sitio (García, 1991), con superficies extensas de rocas sedimentarias plegadas, metamórficas y basálticas. En la región suelen dominar los suelos con escaso desarrollo, siendo las principales unidades reportadas los litosoles, cambisoles cálcicos y xerosoles cálcicos derivados de evaporitas del Cretácico Inferior y Medio (López-Galindo *et al.*, 2003; Méndez, 2005). La región posee una amplia variedad de flora y fauna, la cual constituye una sola unidad biogeográfica de relevancia mundial. Esta gran variedad de especies se debe, principalmente, a la amplia gama de hábitats con características bióticas y abióticas específicas. Algunas de estas especies, se encuentran incluidas como endémicas, amenazadas y/o en peligro de extinción (Dávila *et al.*, 2002).

En Zapotitlán se encuentra una unidad geomorfológica formada por terrazas aluviales constituidas de sedimentos transportados de diferentes orígenes que han rellenado las partes bajas del valle, formando así suelos profundos que sirven como soporte para el desarrollo de comunidades vegetales conocidas como mezquitales. En esta zona se realizan diferentes actividades productivas como la agricultura de temporal, ganadería, ganadería extensiva y extracción de leña. En la actualidad estos sistemas se observan muy fragmentados, encontrándose sitios con diferentes grados de deterioro. En la zona de estudio se observan procesos de erosión eólica e hídrica principalmente, además de deterioro químico, físico y biológico que han afectado el sistema (González-Lozano, 2005).

Las terrazas aluviales se localizan en la parte media de la cuenca a una altitud promedio de 1,480 msnm, con temperaturas medias entre 19.8 °C y 2 °C y una precipitación entre 370 y 410 mm anuales. Las unidades de suelo identificadas son Fluvisol y Regesol calcáreos profundos, los cuales presentan un horizonte A incipiente y una secuencia de horizontes C de grosores y texturas variados, dominando la textura franco arenosa con contenido medio de materia orgánica. La vegetación dominante corresponde a mezquitales y selva baja de *Prosopis laevigata* y *Parkinsonia praecox* (López et al., 2003). De igual forma se encuentran en el área, musgos y muchas especies de plantas vasculares, de las cuales una gran mayoría son cactáceas (Figura 3). Además, alrededor del 30% de las plantas conocidas en esta región son endémicas (Rzedowski, 1981; Vergara, 1997).

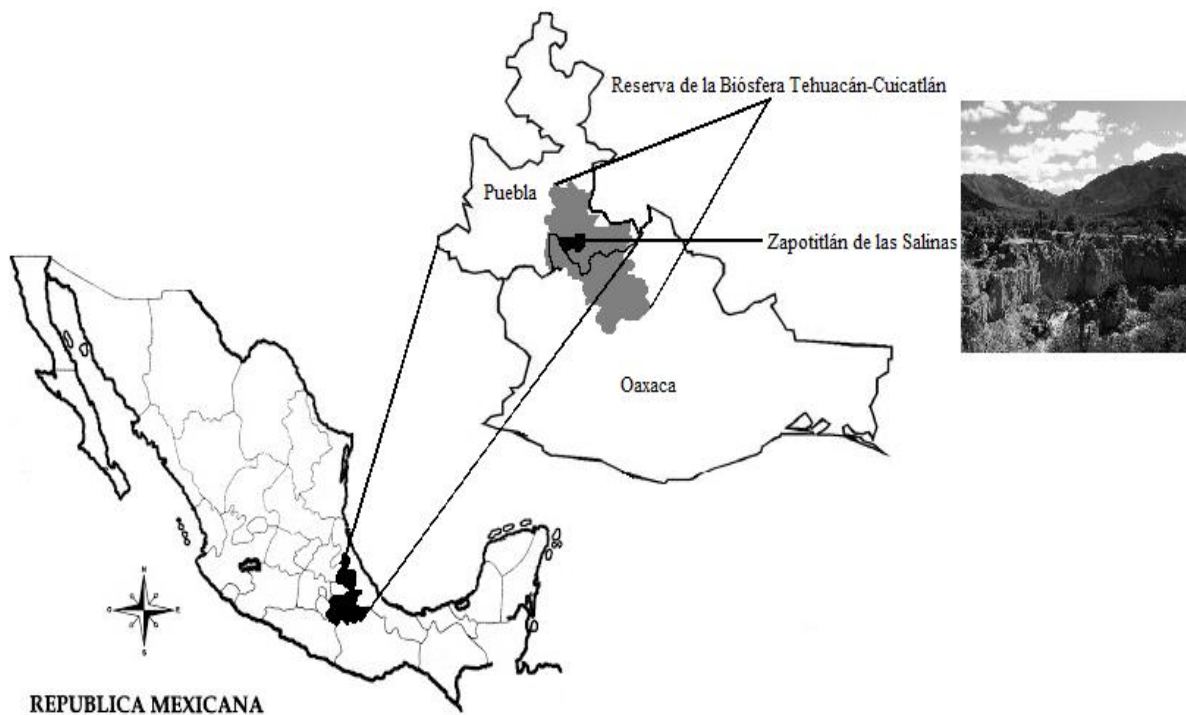


Figura 2. Ubicación del área de estudio.



Figura 3. Valle de Zapotitlán Salinas, Puebla.



## Materiales y Métodos

### Toma de muestras

El muestreo se realizó en temporada de lluvias (canícula) en el mes de septiembre del 2011, en una terraza degradada a un costado del río salado. Las muestras se tomaron aleatoriamente procurando que las costras no estuvieran dañadas. Se tomaron costras de tipo lisa y rugosa (Figura 4), la primera por ser la más abundante y la segunda por ser la que se encuentra en menor proporción en esta zona, el criterio de selección fue basada en la morfología de la costra y la predominancia de la especie que la conforman, en el caso de las lisas presenta una dominancia de *Sytonema* (cianobacteria) y la costra rugosa de *Pseudocroosidium* (musgo) (Rodríguez-Zaragoza et al., 2007). Posteriormente se registró una temperatura de 21°C y 6% de humedad en las CBS. Las muestras fueron recolectadas por el deslizamiento de la parte inferior de la CBS con la ayuda de una pala de jardinero, procurando no dañar la muestra y posteriormente fue colocada en contenedores de plásticos etiquetados y herméticamente cerrados. Se tomaron 5 muestras de cada tipo de CBS. Las muestras fueron llevadas al laboratorio de ecología microbiana de la UBIPRO, FES-Iztacala para su posterior observación en el microscopio.

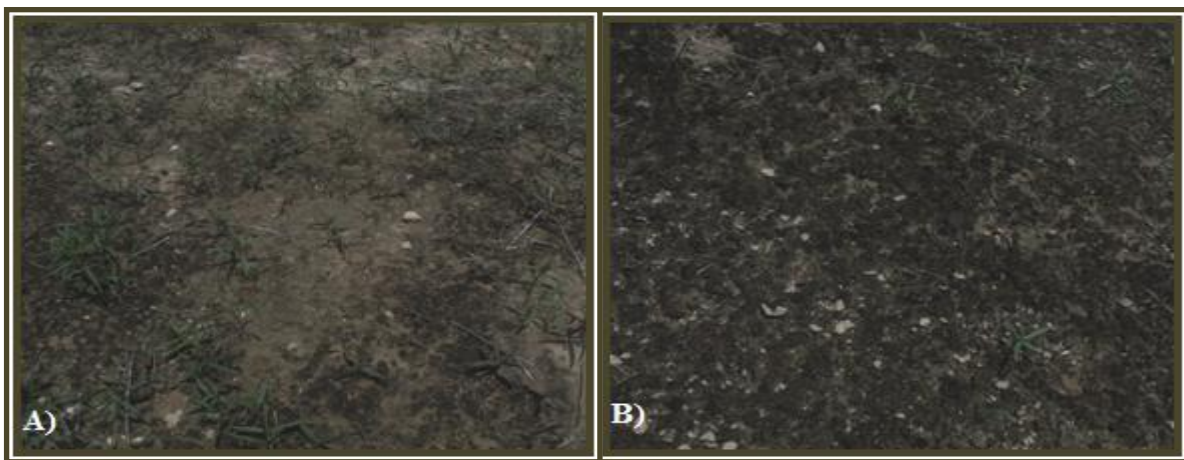


Figura 4. Imagen de las CBS de la terraza degradada de Zapotitlán Salinas A) CBSI y B) CBSr.

### **Determinación del volumen mínimo para obtener la comunidad de amebas presentes.**

Para determinar el volumen mínimo de muestra de cada tipo de CBS (CBSr y CBSI) se realizó una curva de acumulación de especies en ensayos secuenciales de 1 g de CBS hasta 10 g, registrando la frecuencia de aparición de amebas. Los datos fueron procesados en el programa PCORD<sup>®</sup> versión 4.3 para Windows<sup>®</sup>, mediante la técnica de rarefacción para obtener el 100% (teórico) de la comunidad y estimar el volumen necesario a procesar para tener al menos el 60% de la comunidad representada con base en el método de segundo orden de Jackknife (McCune y Grace, 2002).

### **Determinación de especies de amebas**

Para la determinación de especies de amebas se preparó un extracto de CBS tomando 200 g de fragmentos de estas, las cuales se homogenizaron en 1 litro de agua destilada en baño María a 60°C durante 2 horas. Inmediatamente se filtró con papel Wathman #42 y se esterilizó a 121°C y 15 lb de presión durante 15 minutos, este procedimiento se realizó para los 2 tipos de costras analizadas (Bamforth, 1992; Rodríguez-Zaragoza *et al.*, 2005 y Cortés-Pérez, 2009).

La identificación morfológica de las especies de amebas desnudas se realizó mediante la preparación de cultivos en placas de agar no nutritivo, 13g de agar en 1 litro de extracto de suelo diluido (1:5). Después se realizó el inóculo de la muestra homogenizando 1g de CBS en 10 ml de extracto estéril (1:10) agitando con un vortex durante 30 segundos y se dejaron reposar por 45 minutos con el fin de que se precipitaran las partículas gruesas. Posteriormente, el sobrenadante se vertió en la caja de petri sobre las placas del agar, dejando reposar con una ligera inclinación durante 2 horas, después se retiró el exceso de líquido con una pipeta Pasteur estéril. Las placas se incubaron a 28°C por cinco días y se revisaron periódicamente para detectar las diferentes especies de AVL durante 30 días, ya

que la aparición de amebas sucede de manera sucesiva. La determinación morfológica se realizó con la ayuda de un microscopio de contraste de fases a 40X y claves especializadas de Page, 1976; Page, 1988; Page y Siemensma, 1991; Patterson, 1996 y Smirnov y Brown, 2004. (Bamforth, 1995; Rodriguez-Zaragoza *et al.*, 2005 y Cortés-Pérez, 2009).

### **Estimación del NMP de amebas**

Para la estimación de la cantidad de amebas se utilizó la técnica del número más probable (NMP) en placas de cultivo celular de 24 pozos. Se lavaron y esterilizaron en un horno de microondas aplicando 10 pulsos de calentamiento de 30 segundos, dando un total de 5 minutos. Se realizó un inóculo preparando una dilución 1:10, con 1 g de CBS resuspendido en 10 ml de extracto de CBS. Éste se homogenizó con ayuda de un vortex mediante 5 pulsos de 15 segundos para cada muestra. La mezcla se dejó reposar durante 45 minutos con el objetivo de permitir la sedimentación de arenas y partículas de gran tamaño. A cada pozo se le agregaron 500  $\mu$ l de agar no nutritivo (para que las amebas tuvieran una superficie donde reptar), 900  $\mu$ l de extracto de CBS y 100  $\mu$ l de sobrenadante de CBS resuspendido para realizar la dilución 1:10 por pozo. En cada placa se obtuvieron seis diluciones decimales de  $10^{-1}$  a  $10^{-6}$  con cuatro repeticiones por dilución. La lectura de datos se realizó en las placas de cultivo celular, se incubaron durante 15 días a 28 °C y se revisaron en el microscopio invertido registrando la presencia-ausencia de amebas desnudas (Bamforth, 1995; Rodriguez-Zaragoza *et al.*, 2005 y Cortés-Pérez, 2009). Se realizaron 10 repeticiones. El número más probable se calculó mediante la fórmula de Thomas (Clesceri, 1992) y los datos obtenidos fueron analizados empleando una prueba de chi-cuadrada (prueba de independencia) (Moore, 2000).

## **Frecuencia de amebas**

La frecuencia de especies se determinó por la aparición de las AVL dentro de cada submuestras (10 por cada CBS) por lo que las especies dominantes se encontraron de 10-9, las comunes de 8-3 y las raras de 2-1 submuestras, criterio basado en Cortés-Pérez (2009).

## **Establecimiento de los grupos tróficos**

Los grupos tróficos se establecieron de acuerdo a las preferencias alimenticias de cada especie en base a la literatura. (Page, 1988., Page y Siemensma, 1991 y Cortés-Pérez, 2009)

## **Índices Ecológicos**

La similitud de la riqueza de especies entre las diferentes comunidades se determinó mediante el análisis de Sørensen con el programa PCORD<sup>®</sup> versión 4.3 para Windows<sup>®</sup>, y con el mismo programa se calculó el volumen mínimo de la riqueza de especies.

La medición de la diversidad alfa se realizó con el índice de dominancia de Simpson (S) influenciado por la importancia de las especies más dominantes o comunes ( $\lambda = \sum p_i^2$ ) y el índice de equidad de Shannon-Wiener (H') que expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra dando más importancia a las especies raras ( $H' = -\sum p_i \ln p_i$ ) (Moreno, 2001).

La comparación de las comunidades de las costras se realizó con el Coeficiente de similitud de Sørensen que relaciona el número de especies en común con la media aritmética de las especies en ambos sitios (Moreno, 2001).

## Resultados

### Determinación del volumen mínimo de la muestra

En las CBSr la curva de acumulación de especies mostró que con 10 g de muestra de costra se tiene representado el 68.77% de la riqueza total esperada, por lo que si se quiere obtener el 95% de la riqueza se necesitaría aumentar el número de submuestras de 1 g a más de 14 (Figura 5). Sobre este mismo criterio, con 7 g de costras tenemos el 60% de la representatividad de la comunidad de amebas de vida libre en las CBSr. En el caso de las CBSI con 10 g de costra se obtiene representada un 66.50% de la comunidad y si se quiere mostrar el 95% de la riqueza se necesitaría aumentar el número de submuestras a 15 g. Por lo que con 8 g de costras se tiene representada el 61.22% suficientes para poder tener bien representada la comunidad de amebas de vida libre (Figura 6). En ambos casos el aumento de las submuestras aumentaría en poca medida la representatividad de la comunidad ya que un gran porcentaje de especies de amebas son raras.

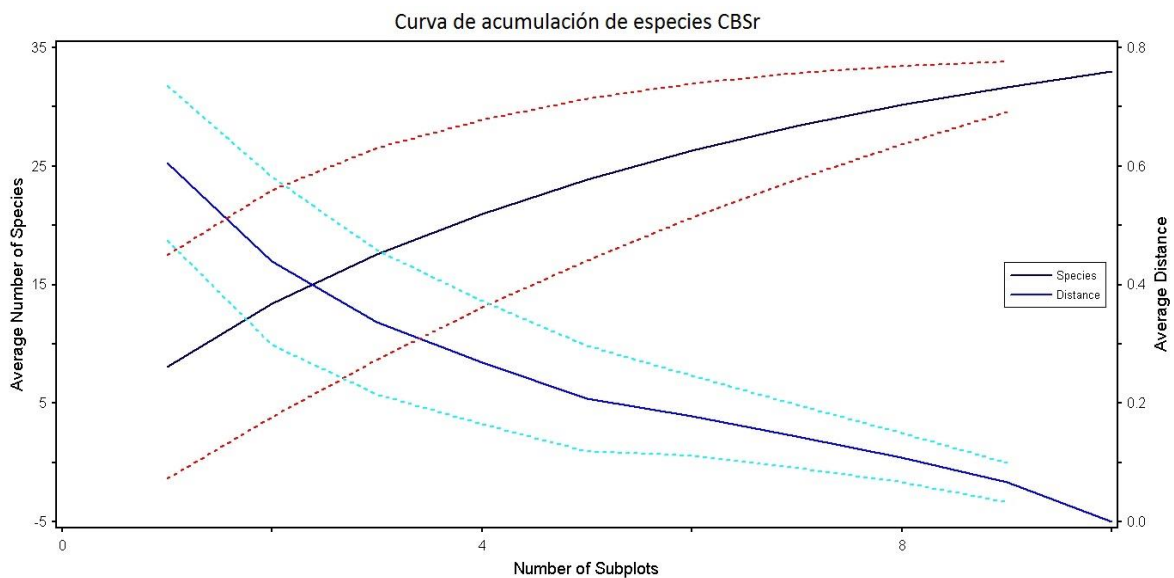


Figura 5. Curva de acumulación de especies de las CBSr.

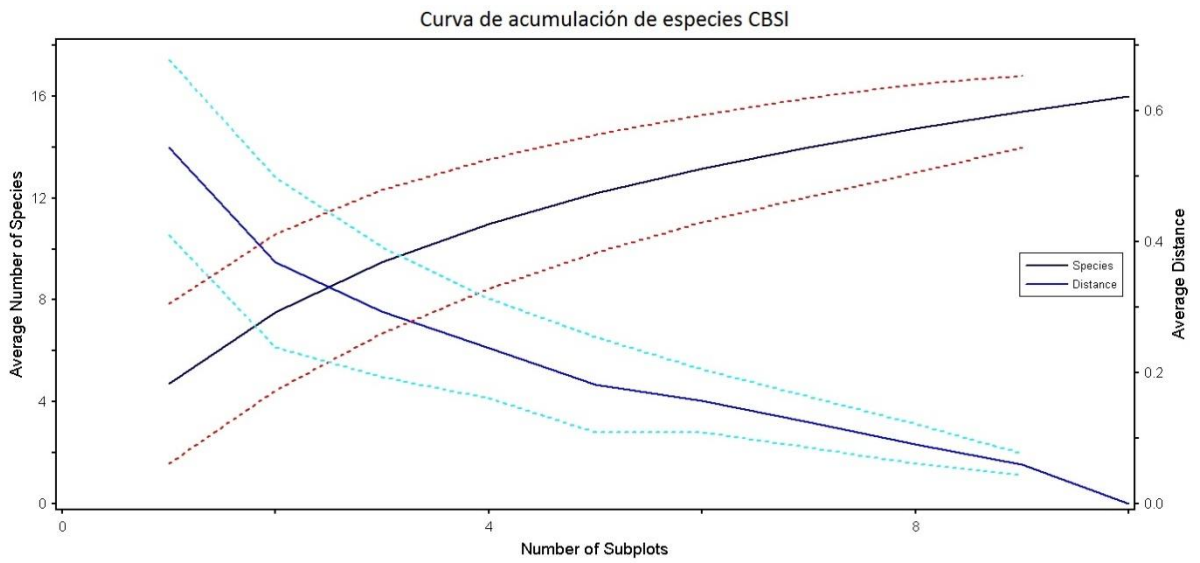


Figura 6. Curva de acumulación de especies de las CBSI.

## Riqueza de amebas

Se identificaron 36 especies de amebas, pertenecientes a 24 géneros de 15 familias, en el nivel de clase las Lobosea representaron el 72 % de la comunidad seguida de la clase Heterolobosea con 20% y la clase Filosea con 18% de especies (Tabla 1). La mayoría de las amebas se pudieron determinar hasta especie de acuerdo con sus características morfológicas, solo en 8 casos se pudo llegar hasta nivel de género, debido a que las claves taxonómicas no reportaban más características morfológicas que permitieran su identificación hasta especie. Se registró un mayor número de amebas en las CBSr con 33 especies mientras que en las CBSI se registró una menor riqueza de amebas con 16 especies, en ambas comunidades los géneros *Vahlkampfia*, *Mayorella* y *Vannella* tuvieron mayor riqueza de especies.

Del total de las especies se ubicaron 7 grupos tróficos de los cuales; Bacterívoro (30 sp) obtuvo el 66%, Fungívoro (5 sp) 11%, Protozoos (5 sp) 11%, Alguívoros (2 sp) 4%, Protozoos-Algas (2 sp) 4%, Bacterívoro-Protozoos (1 sp) 2% y Omnívoro (1 sp) 2% (Figura 9). Las preferencias alimenticias han sido reportadas en claves especializadas de Page, 1988 y en Cortés-Pérez, 2009.

## Comunidad de amebas en CBSr

Se encontraron un total de 33 especies de amebas correspondientes a 23 géneros pertenecientes a 15 familias, de las cuales el 70% pertenecen a la clase Lobosea, seguida de la clase Heterolobosea con 21% y por último con 9% la clase Filosea. Las especies de amebas dominantes con mayor frecuencia (F=10) forman parte de la clase Heterolobosea y pertenecientes al género *Hartmannella* (1 sp) que se encontró en todas las muestras. Las especies comunes (F= 3-8) se repartieron en los géneros *Platyamoeba* (1 sp), *Vahlkampfia* (3 sp), *Rhizamoeba* (1 sp), *Stygamoeba* (1 sp), *Hartmannella* (1 sp), *Mayorella* (1 sp) y *Vexillifera* (1 sp). Las especies raras (F= 1-2) pertenecieron a los géneros *Mayorella* (3 sp), *Vanella* (2 sp), *Acanthamoeba* (1 sp), *Arachnula* (1 sp), *Biomyxa* (1sp), *Glaeseria* (1 sp), *Unda* (1 sp), *Vahlkampfia* (1sp), *Adelphamoeba* (1sp), *Amoeba* (1 sp), *Biomyxa* (1sp), *Deuteramoeba* (1 sp), *Echinamoeba* (1 sp), *Filamoeba* (1 sp), *Gephyramoeba* (1 sp), *Paradermamoeba* (1 sp), *Stachyamoeba* (1 sp), *Tetramitus* (1 sp), *Trichamoeba* (1 sp) y *Vexillifera* (1 sp). La mayoría de las amebas encontradas en las CBSr son especies raras (Figura 7) (Anexo anexo I).

## Grupos tróficos en CBSr

Las especies se ubicaron en 7 grupos tróficos; Bacterívoros con el 65% (20 sp), Fungívoro en un 10% (3 sp), al igual que Protozoos con 10% (3 sp), seguido de Alguívoro con 6% (2 sp), Omnívoro 3% (1 sp), Protozoos-Algas con 3% y con la preferencia alimenticia a Bacterívoro y Protozoos 3% (1 sp) (Figura 10-12).



## Comunidad de amebas en CBSI

Se registró una total de 16 especies correspondientes a 9 géneros pertenecientes a 7 familias, de las cuales el 75% pertenecen a la clase Lobosea y el 25% la clase Heterolobosea. Las especies de amebas dominantes con mayor frecuencia (F=9-10) forman parte de la clase Heterolobosea pertenecientes al género *Hartmannella* (1 sp). Las especies de amebas comunes (F= 3-8) se encontraron los géneros *Platyamoeba* (2 sp), *Mayorella* (2 sp), *Paradermamoeba* (1 sp) y *Stygamoeba* (1 sp). Las especies raras (F= 1-2) pertenecieron a los géneros de *Mayorella* (2 sp), *Rhizamoeba* (2 sp), *Dermamoeba* (1 sp), *Hartmannella* (1 sp) y *Vahlkampfia* (4sp). Dentro de las especies raras el género *Vahlkampfia* fue la que obtuvo mayor riqueza de especies en comparación con toda la comunidad de CBSI (Figura 8).

## Grupos tróficos en CBSI

Las especies se ubicaron en 4 grupos tróficos; Bacterívoros con el 68% (11 sp), Fungívoro en un 13% (2 sp), Protozoos con 13% (2 sp), seguido de las especies con preferencias alimenticias de Protozoos y Algas con 6% (1 sp) (Figura 11-12).

Clase	Familia	Genero	Especies	CBSr	CBSI	G.T
Lobosea	Amoebidae	<i>Amoeba</i>	<i>Amoeba proteus</i>	+	-	P
		<i>Deuteramoeba</i>	<i>Deuteramoeba algonquinesis</i>	+	-	B-P
		<i>Trichamoeba</i>	<i>Trichamoeba sp</i>	+	-	P
	Hartmannellidae	<i>Glaeseria</i>	<i>Glaeseria sp</i>	+	+	B
		<i>Hartmannella</i>	<i>Hartmannella cantabrigiensis</i>	+	-	B
			<i>Hartmannella vermiformis</i>	+	+	B
	Gephyramoebidae	<i>Gephyramoeba</i>	<i>Gephyramoeba deliculata</i>	+	-	F
	Leptomyxidae	<i>Rhizamoeba</i>	<i>Rhizamoeba australiensis</i>	+	+	P
			<i>Rhizamoeba saxonica</i>	-	+	P
	Echinamoebidae	<i>Echinamoeba</i>	<i>Echinamoeba silvestris</i>	+	-	B
		<i>Filamoeba</i>	<i>Filamoeba nolandi</i>	+	-	B
	Vexilliferidae	<i>Vexillifera</i>	<i>Vexillifera bacillipedes</i>	+	-	B
			<i>Vexillifera minutissima</i>	+	-	B
	Stygamoebidae	<i>Stygamoeba</i>	<i>Stygamoeba regulata</i>	+	+	*
	Paramoebidae	<i>Mayorella</i>	<i>Mayorella cultura</i>	+	+	B
			<i>Mayorella microeruca</i>	+	+	B
			<i>Mayorella spatula</i>	+	+	B
			<i>Dactylamoeba stella</i>	+	-	P-A
	Thecamoebidae	<i>Paradermamoeba</i>	<i>Paradermamoeba valamo</i>	+	+	F
		<i>Dermamoeba</i>	<i>Dermamoeba minor</i>	-	+	F
Acanthamoebidae	<i>Acanthamoeba</i>	<i>Acanthamoeba sp</i>	+	-	O	
Vannellidae	<i>Vannella</i>	<i>Vannella platypodia</i>	+	-	B	
		<i>Vannella simplex</i>	+	-	B	
		<i>Platyamoeba</i>	<i>Platyamoeba stenopodia</i>	+	+	B
		<i>Platyamoeba sp</i>	-	+	B	
		<i>Unda</i>	<i>Unda sp</i>	+	-	*
Heterolobosea	Vahlkampfiidae	<i>Vahlkampfia</i>	<i>Vahlkampfia avara</i>	+	+	B
			<i>Vahlkampfia ustiana</i>	+	+	B
			<i>Vahlkampfia aberdonica</i>	+	+	B
			<i>Vahlkampfia enterica</i>	+	+	B
		<i>Tetramitus</i>	<i>Tetramitus sp</i>	+	-	B
	Gruberellidae	<i>Stachyamoeba</i>	<i>Stachyamoeba lipophora</i>	+	-	B
		<i>Adelphamoeba</i>	<i>Adelphamoeba sp</i>	+	-	B
	Filosea	Arachnulidae	<i>Arachnula</i>	<i>Arachnula sp</i>	+	-
Biomyxidae		<i>Biomyxa</i>	<i>Biomyxa merdaria</i>	+	-	A
			<i>Biomyxa vagans</i>	+	-	A

Tabla 1. Especies identificadas en las CBS: Costras Biológicas del Suelo rugoso (CBSr) y Costras Biológicas del Suelo liso (CBSI), grupo trófico al que pertenecen (G.T); Bacterívoro (B), Protozoos (P), Fungívoro (F), Alguívoro (A), Omnívoro (O), Bacterívoro-Protozoos (B-P), Protozoos-Algas (P-A), Indeterminado (\*).

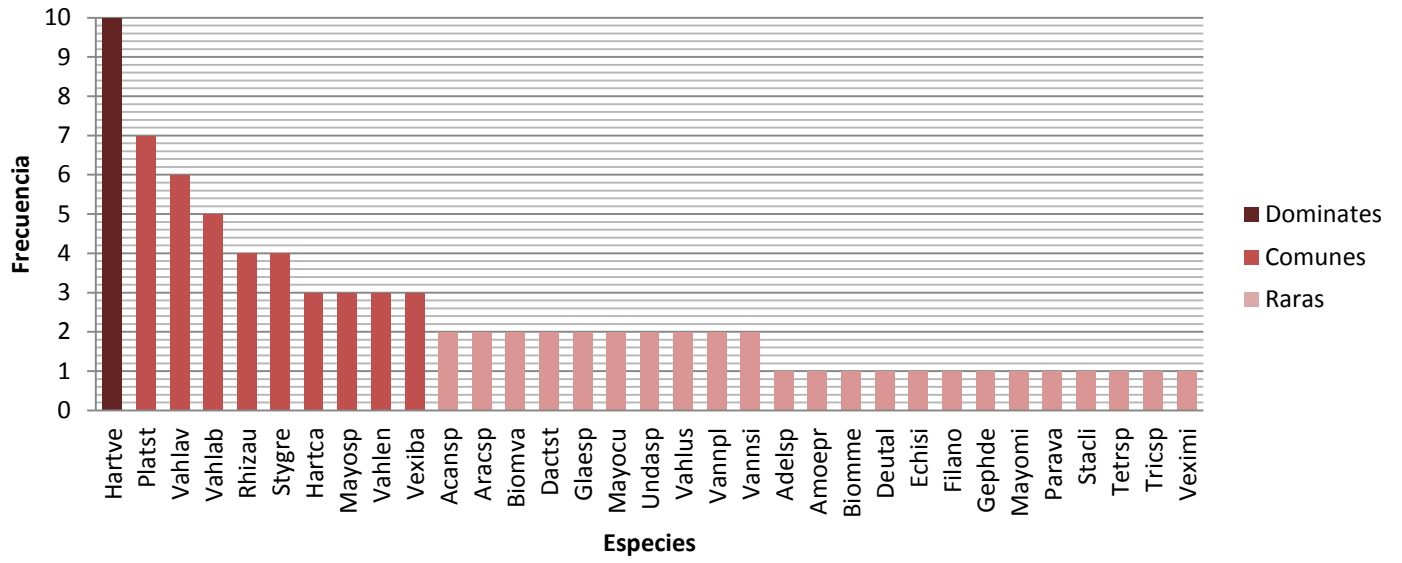


Figura 7. Frecuencia por especies de amebas encontradas en las CBSr. n=10

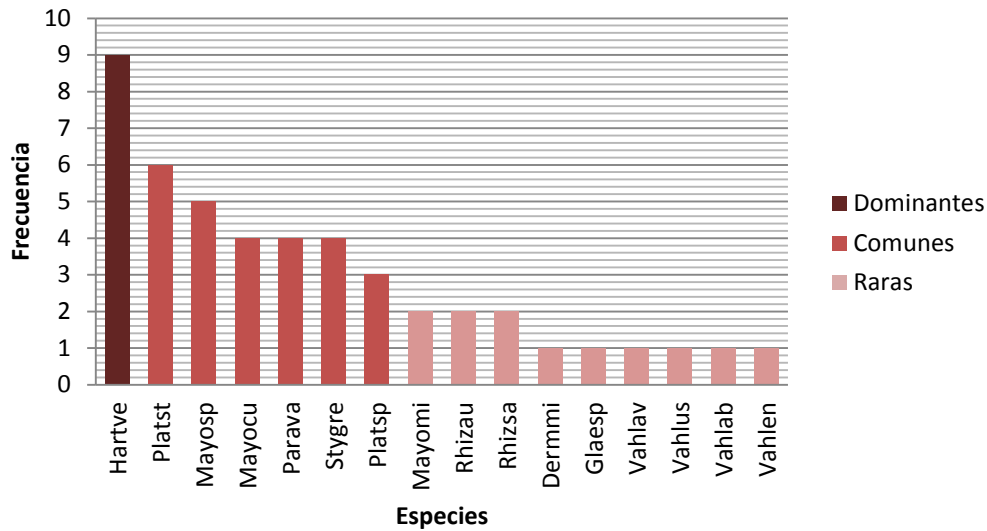


Figura 8. Frecuencia por especies de amebas dentro de las CBSI. n=10

## Grupos Tróficos CBS

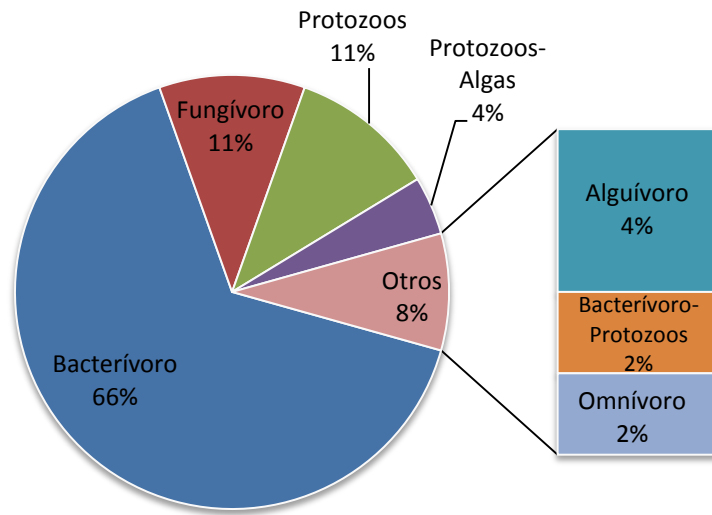


Figura 9. Porcentaje de los grupos tróficos de la comunidad de amebas hallados en ambas CBS.

## Grupos tróficos CBSr

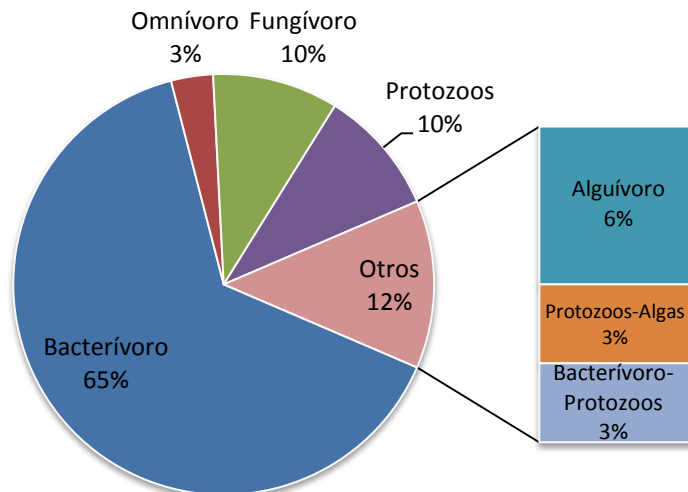


Figura 10. Porcentaje de los grupos tróficos de las amebas en las CBSr. n=3

## Grupos tróficos CBSI

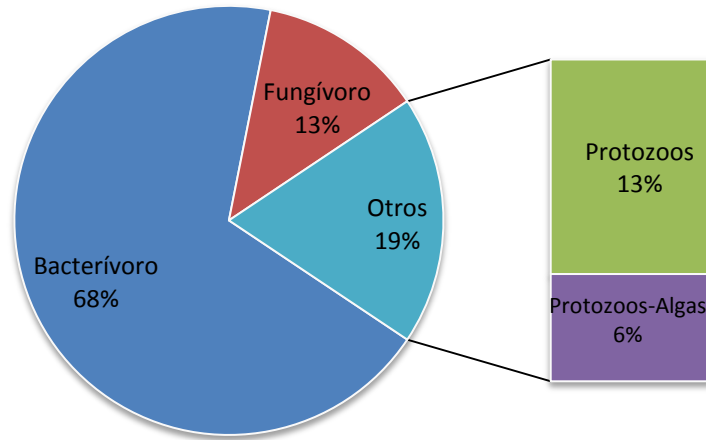


Figura 11. Porcentajes de los grupos tróficos de las amebas en las CBSI. n=3

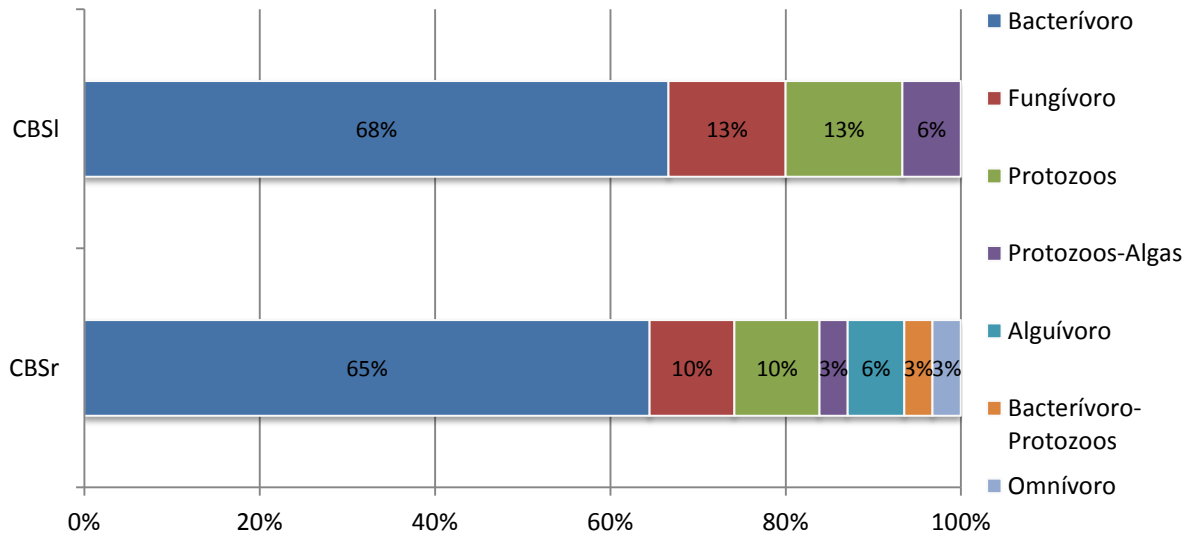


Figura 12. Comparación de la estructura trófica de las comunidades de CBSr y CBSI.

## Abundancia de amebas

Las costras biológicas se clasificaron en rugosa y lisa, para saber si existe relación entre las 2 diferentes comunidades se aplicó una prueba de ji-cuadrada (independiente) ocupando el valor crítico de 3.8941 para 1 grado de libertad a un nivel de alpha de  $<0.05$ , siendo que el valor de ji-cuadrada obtenido es mayor que el valor crítico, se concluye que la diferencia es significativa entre las abundancias de amebas en cada tipo de CBS. En las CBSr se contabilizó un total de 16,599 amebas por 1 g de costra y 7,508 amebas por 1 g de CBSI (Figura 13).

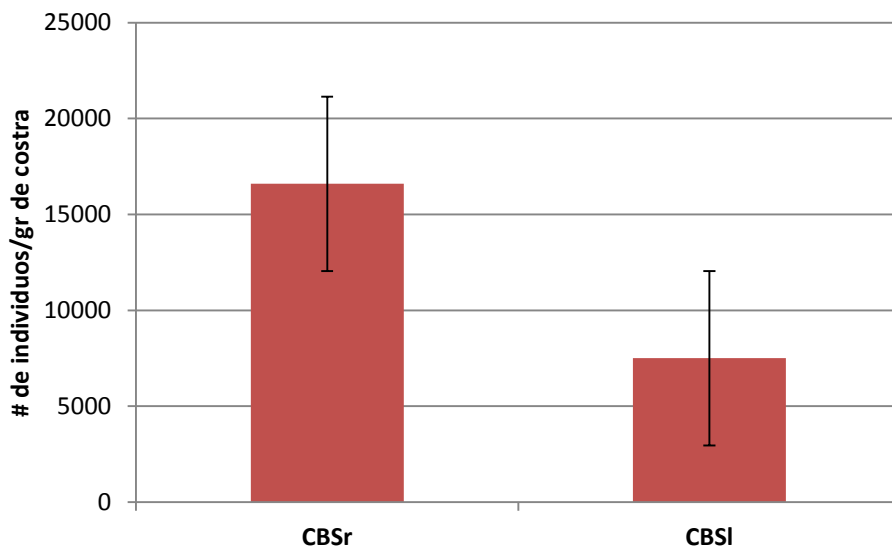


Figura 13. Numero de amebas en 1 g de CBSr y CBSI.

## Índices Ecológicos

### Índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ )

La diversidad fue mayor en CBSr ( $H' = 3.239$ ) que en las CBSI ( $H' = 2.516$ ). En ambas comunidades está conformada principalmente por especies raras o de poca frecuencia, estos valores nos muestran que existe un mayor número de especies raras de AVL dentro de la comunidad de CBSr comparada con las CBSI.

### Índice de diversidad de Simpson ( $D$ )

La diversidad fue ligeramente mayor en las CBSr ( $D = 0.961$ ) que en las CBSI ( $D = 0.921$ ). Los valores de diversidad son muy parecidos debido a que en ambas comunidades de amebas las especies dominantes se encuentran bien representadas. En este caso *Hartmannella vermiformis* se encontró con mayor frecuencia en los 2 diferentes tipos de CBS.

### Índice de Similitud de Sørensen

El análisis de similitud de Sørensen (Bray-Curtis) basados en la presencia y ausencia de amebas, muestra que la riqueza de las CBSr y CBSI compartieron similitud con las especies; Glaesp, Hartve, Mayocu, Mayomi, Mayosp, Parava, Platst, Rhizau, Stygre, Vahlav, Vahlus, Vahlen y Vahlab, mientras Vahlkampfia fue el género que compartió más información en ambas CBS, respecto a las demás amebas (Figura 14) (Anexo I).

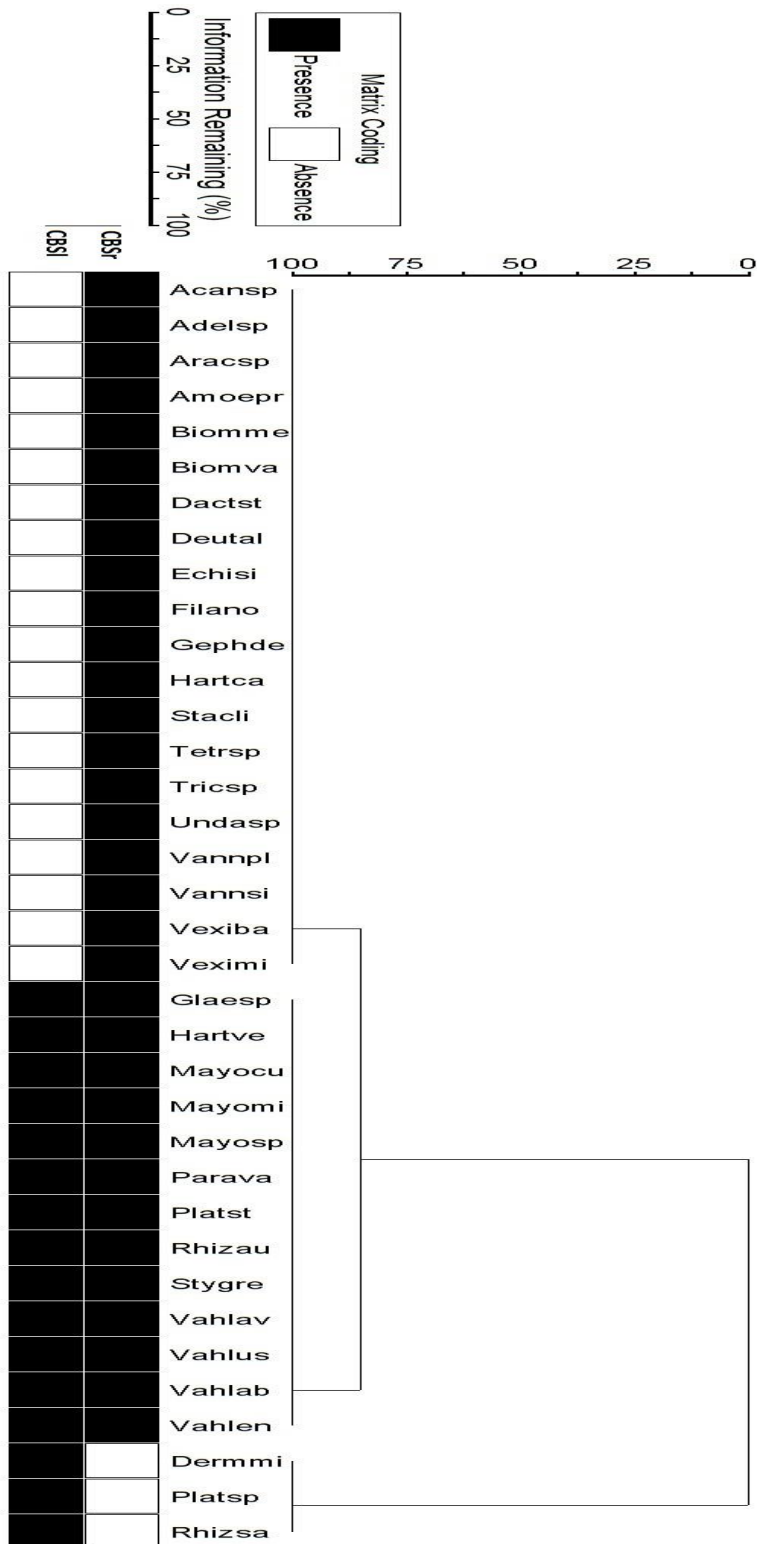


Figura 14. Índice de Sørensen de las comunidades amebas asociadas a las CBSr y CBSi basado en la presencia y ausencia de especies.



## Discusión

La importancia de las CBS en las zonas áridas y semiáridas radica en que representan un importante aporte de carbono (C) y nitrógeno (N) para las redes tróficas del suelo, pues secretan compuestos orgánicos y exopolímeros que mejoran la actividad microbiana (Benalp et al., 2003). Las CBS presentes en la zona de Zapotitlán se clasifican en 3 tipos generales (lisa, rugosidad baja y rugosa) con base en su textura, morfología y los tipos de organismos dominantes. Las costras que se utilizaron en este estudio fueron del tipo lisas, que presentan dominancia de *Scytonema* y ocupan una cobertura del 50%. Y las del tipo rugosas de un color oscuro, dominada por *Pseudocroosidium* que abarca una cobertura del 10% en el valle de Zapotitlán (Rodríguez-Zaragoza et al., 2007).

Las CBS son comunidades que se encuentran en la interface entre el suelo y el aire, las cuales están constituidas por bacterias, hongos, líquenes, algas, musgos y protozoos (Rodríguez-Zaragoza et al., 2007). La comunidad de AVL en las CBSr es más diversa y presentó el mayor número de especies raras, mientras que en las CBSl presentó una menor cantidad de especies de amebas, sin embargo también presentó un mayor número de especies raras. La especie de ameba dominante en las CBS fue *Hartmannella vermiformis*. Existe una similitud entre los géneros de amebas reportadas en zonas áridas en estudios realizados por Bamforth (2007) en las CBS en un desierto del sureste de Utah, en su trabajo muestra similitudes con algunos géneros descritos en este trabajo como; *Acanthamoeba*, *Amoeba*, *Dermamoeba*, *Echinamoeba*, *Glaeseria*, *Hartmannella*, *Mayorella*, *Platyamoeba*, *Rhizamoeba*, *Stachyamoeba* y *Valhkmphia*.

La estructura de la comunidad está relacionada con los recursos disponibles, pues un hábitat con alta diversidad de recursos puede soportar mayor riqueza de especies en comparación con un hábitat que proporciona un reducido número de

recursos (Wolda, 1986). Las amebas ocupan una gran variedad de microhábitats, en el que las especies pueden estar activas o en reposo, por lo que un solo muestreo no representa todos los taxones presentes en las CBS (Bamforth, 2007) y es necesario hacer muestreos periódicos para obtener una mejor representación de la comunidad de amebas. Un factor determinante para la toma de muestra en este tipo de sistemas es la humedad ya que tiene un efecto positivo sobre la riqueza de AVL en diferentes microambientes, pues en los ecosistemas áridos y semiáridos las ventanas de actividad comienzan en la época de mayor humedad (después de la canícula), porque aumenta la variedad de recursos disponibles para las AVL (Gonzales-Lozano, 2005) en las CBS. Esta conformación variada de recursos en las CBS permite la presencia de diversos grupos tróficos. Por lo que en esta época del año el muestreo encontró la mejor representación de la comunidad de AVL en las CBS.

En este estudio los géneros *Hartmannella*, *Echinamoeba*, *Vahlkampfia* y *Mayorella* se han encontrado con mayor frecuencia en suelos áridos (Bamforth, 2004; Robinson et al., 2002) los géneros *Hartmannella*, *Glaeseria* y *Trichamoeba* poseen cuerpos cilíndricos y alargados, esta característica morfológica les permite moverse a través de espacios reducidos y a su vez encontrar alimento en las CBS. Por otra parte *Acantamoeba*, *Echinamoeba* y *Filamoeba* son amebas de tamaño reducido que van de las 10 a las 40µm de longitud respectivamente y pueden caber en espacios muy estrechos. Sus pseudopodos finos y alargados (filopodos) les permiten penetrar en los poros más pequeños para así poder ingerir a las bacterias que están en las CBS, ya que son su fuente de alimento. El género *Vahlkampfia*, fue quien presentó un mayor número de especies de amebas, incluso en los estudios realizados por Bamforth (2007). Lo anterior muestra que estos grupos de amebas responden rápidamente a las condiciones favorables de humedad, ya que estuvieron presentes en casi todas las submuestras de CBSr y CBSI, y se considera que estas amebas son fuertes competidores para otro tipo de géneros (Bass et al., 2001). Por otra parte, el género *Mayorella* tiene la capacidad

de formar proyecciones citoplasmáticas largas, flexibles y de un grosor de hasta 5µm. Característica que les permite tener al alcance las presas que están entre los poros que son poco accesibles para otro tipo de depredadores de mayor tamaño (Petersson, 1996; Page y Siemensa, 1991). La textura y el tamaño de los poros son determinantes en la distribución a microescala de los protozoos del suelo (Yeates et al., 1991) y estas características en las CBS son importantes ya que las amebas encontradas son de tamaño pequeño (10 a 40µm), lo que puede deberse a que en algunas partes de las CBS los espacios son muy reducidos y esta condición impide a las amebas más grandes encontrar su alimento.

Estas características morfológicas que presentan cada ameba son importantes para su establecimiento y utilización de los recursos que se encuentran en la CBS. La disponibilidad de recursos y las redes tróficas que se establecen en cada microambiente influye tanto en la riqueza como en el ensamblaje de las mismas, pues las distintas especies de amebas explotan diferentes recursos, algunas se alimentan exclusivamente de algas, hongos, bacterias y otras son omnívoras. (Rodríguez Zaragoza et al., 2005) por lo que se pueden agrupar en diferentes grupos tróficos.

Sin embargo en suelo donde no se encuentran CBS en la misma área de estudio, Pérez Juárez (2010) mostró que existe menos riqueza y abundancia de AVL; que puede deberse a que hay menos recursos disponibles para alimentarse en comparación con el suelo donde existen las CBS. Posiblemente se debe a que la compactación del suelo en el interespacio tiene efecto negativo para el desarrollo de los microorganismos al reducir el porcentaje de poros.

La curva de acumulación de especies indicó que en 10 g de CBS se tiene representada más del 60 % de la comunidad de AVL, de las cuales está conformada por especies dominantes, comunes y raras. En ambas CBS las

comunidades de amebas se distribuyeron en especies comunes y raras, la riqueza de amebas en las CBSr fue mayor en comparación con el número de amebas en 1 g de las CBSI. Pero si las condiciones en las que se encuentran cambian, permite que las especies que en un momento eran raras pasen a ser dominantes o viceversa (Griffiths et al., 2001). Un rasgo característico y constante de las comunidades en el tiempo y el espacio, es que contienen una cantidad elevada de individuos de especies raras y menos especies que son comunes. Las especies dominantes regularmente son muy pocas y están representadas por una gran cantidad de individuos o por valores altos de biomasa (Schawartz et al., 200). La frecuencia de AVL en ambas CBS, muestra el mismo patrón de aparición donde solo hubo una especie dominante (*Hartmannella vermiformis*) en ambos microambientes y un elevado porcentajes de especies raras que conformaron más del 50% de las especies identificadas.

#### Abundancia

En ambas comunidades de AVL existió una diferencia significativa ya que las CBSr tuvieron casi el doble del número de amebas por g de costra que las CBSI. La cantidad de amebas en las CBS (CBSr  $12-21 \times 10^3/\text{gr}$  y CBSI  $2-12 \times 10^3/\text{gr}$ ) resultó en cierta medida similar en estudios realizados por Bamforth (2007) en las CBS ( $1-2 \times 10^3/\text{gr}$ ). Sin embargo en sistemas de suelo-raíz, Darbyshire y Graves (1967) han reportado un número más elevado de amebas ( $12-80 \times 10^3$ ) donde los protozoos son una parte integral de las interacciones en la rizósfera, son reguladores poblaciones de bacterias y estos efectos influyen en la arquitectura de la raíz (Bonkowski, 2004; Bamforth, 2007; Darbyshire y Greaves, 1967). La abundancia de AVL en las CBS es muy bajo comparado con otro tipo sistema completamente diferente pero vecino de las costras, como es el suelo con planta en donde la interacción entre raíz y suelo proporcionan microambientes favorables para su distribución y crecimiento.

## Grupos tróficos de amebas

En las CBS existen diferentes grupos tróficos en las comunidades de amebas de vida libre en cada tipo de costra examinada (CBSr y CBSI), ya que los organismos y moléculas orgánicas que la conforman, tienen un efecto determinante en la estructuración de las redes tróficas (Rodríguez-Zaragoza et al., 2007). Se presentó un mayor número de grupos tróficos en las CBSr, en cambio en las CBSI hubo una disminución. El efecto sobre la dinámica poblacional de las amebas depredadoras que conforman todos los grupos está fuertemente correlacionada con la presencia o ausencia de su alimento (Gilbert, 2003).

En cuanto a los grupos tróficos muestra algunos patrones en estos sistemas, ya que el grupo bacterívoro fue quien dominó en el número de especies de amebas sobre los demás, debido a que las costras están constituidas principalmente por cianobacterias y estas son el sostén de las poblaciones de amebas en este tipo de microambientes. Sin embargo, se encontraron otros grupos como los que se alimentan de protozoos, algas, hongos y sus combinaciones. Las costras ofrecen diversas fuentes de alimentos por lo que permiten que se establezcan los diferentes grupos tróficos de amebas. Los recursos son usados directamente por los organismos y pueden afectar la actividad individual, en el caso de los protozoos que se alimentan de bacterias pueden influir en la actividad bacteriana en la CBS (Bamforth, 2007).

Estas diferencias entre las redes tróficas en las CBS puede deberse a los diferentes organismos que conforman las costras, ya que las amebas se alimentan o se apropian de diferentes recursos. Se encontraron diferentes grupos tróficos de amebas en los dos tipos de costras por que los recursos que cada tipo de costra ofrece seguramente son muy diferentes, tanto que pueden modificar algunos de

los niveles tróficos de las redes estructuradas en cada tipo de CBS y por consecuencia existen comunidades diferentes.

La costra biológica del suelo se forma por la asociación entre las partículas del suelo con *Microcoleus* y microhongos. Más tarde, otras cianobacterias, por ejemplo, *Scytonema* y *Nostoc*, y las algas verdes se integran para formar asociaciones entre costras y líquenes, posteriormente si existen condiciones favorables, las briófitas pueden unirse. La sucesión de las costras se da por la sustitución en la dominancia de las especies y no por la desaparición de las mismas (Bamforth, 2007). Las CBSr mostraron una mayor riqueza y abundancia de AVL lo que indica que las CBSr son más complejas a nivel de sucesión con respecto a las CBSI y como consecuencia proporciona un hábitat más favorable y con ello un aumento en la abundancia de las AVL (Bramforth, 2007). Existe una pérdida de especies en las CBSI por lo que se puede considerar que la diversidad funcional debe ser más importante que la diversidad estructural (Schwartz et al., 2000).

Es recomendable estudiar la sucesión de las CBS ya que influye en la riqueza y abundancia de amebas, ya que en una CBS estructuralmente más compleja (CBSr) existe más diversidad de AVL que en una menos compleja (CBSI). El análisis de similitud entre las diferentes comunidades de AVL en las CBS, mostró que hay diferencias entre las CBSr y las CBSI, reflejando que la conformación de las costras influye en las actividades microbianas. Ya que estas proporcionan un soporte a las comunidades de protozoos en sus diferentes fases de desarrollo sucesional, ofreciendo microambientes favorables para su establecimiento (Rodríguez Zaragoza, 2005).

Es posible que la comunidad de las CBS se mantenga en equilibrio por las redundancias funcionales que existen entre las especies, permitiendo que cuando una especie no esté presente, otra pueda ocupar el nicho disponible y de esta forma mantener las funciones del ecosistema (González-Lozano, 2005).

## **Conclusión**

La estructura de la comunidad de AVL es diferente en los dos tipos de CBS, ya que cada una de ellas (CBSr y CBSI) proporciona diferentes recursos de los cuales se pueden alimentar las amebas, permitiendo el desarrollo de distintas especies, abundancias y grupos tróficos.

Las CBSr proporcionan condiciones más favorables para el establecimiento de diferentes grupos tróficos, una mayor riqueza de especies y más abundancia de AVL, lo que permite el crecimiento de una comunidad más diversa, mientras que las CBSI existe una menor riqueza, una disminución en la abundancia y en el número de grupos tróficos de AVL, esto nos indica que la estructura de la comunidad de amebas en las CBSr es más compleja, proporcionan protección y un ensamblaje más dinámico de entre las AVL.

## Referencias

Aescht E. y Foissner W. 1992. Enumerating soli ciliates by direct counting. *Protocols in protozoology*. Editado por Lee J. y A. Soldo. Allen Press, Inc. Kansas, EUA. B.7 pp.

Anderson, D.C., Harper, K.T., y Rushforth, S.R. 1982. Factors influencing development of cryptogamic crusts in Utah desert. *Journal of Range Management* 35: 180-185.

Bailey, D., Mazurak, A.P., Rushford, S.R. y Johansen, J.R. 1973. Aggregation of soil particles by algae. *Journal of Phycology* 9:99-101.a

Bamforth, S. 1995. Isolation and counting of protozoa. Pp174-180. En: Alef K., Nannipieri P. (Eds.). *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. Academic Press. Great Britain. 576 pp.

Bamforth, S. 1992. Sampling enumerating soil protozoa. En: *protocols in protozoology*. Editado por Lee J. y A. Soldo. Allen Press, INC. Kansas, EUA. pág. B-5.1- B-5.3.

Bamforth, S. 2004. Water film fauna of microbiotic crusts of a warm desert. *Journal of Arid Environments* 56: 413-423.

Bramforth, S. 2007. Protozoa of biological soil crust of a cool desert in Utah. *Journal of Environments* 72: 722-729.

Bass, P. y Bischoff, P.J. 2001. Seasonal variability in abundance and diversity of soil gymnamoebae along a short transect in southeastern U.S.A. *Journal of Eukaryotic Microbiology* 48: 475–479.

Belnap, J. 1994. Potential role of cryptogammic soil crust in semiarid rangelands. In: Monson, S.B., Kitchen, S.G. (Eds.), *Proceedings of the Ecology and Management of Annual Rangeland*. USDA Forest Service, General Technical Report, INT-GTR 313, pp. 179–185.



Belnap, J., Budel, B. y Lange, O.L. 2001. Biological soil crusts: Characteristics and distribution. In: Belnap, J. & Lange, O.L. (Eds.): *Biological Soil Crusts: Structure, Function and Management*, Springer-Verlag, Berlin. 3-30.

Belnap, J. 2003. The world at your feet: desert biological soil crusts. *Frontiers in Ecology and the Environment* 1: 181–189.

Belnap, J. Hawkes, C.V., Firestone, M.K. 2003. Boundaries in miniature: two examples from soil. *Bioscience* 53: 739–749.

Belnap, J. 2006. The potential roles of biological soil crusts in dryland hydrologic cycles. *Hydrological Processes* 20(159): 3159-3178.

Bonkowski, M. 2004. Protozoa and plant growth: the microbial loop in soil revisited. *New Phytologist* 162: 617–631.

Campbell, S.E., Seeler, J.S y Glolitic, S. 1989. Desert cruts formation and soil stabilixation. *Arid Soil Research and Rehabilitation* 3:317-328.

Chamizo, S., Rodríguez, E., Miralles, I., Afana, A., Lázaro, R., Domingo, F., Calvo, A., Sole, A., Antón, Y. 2010. Características de las costras físicas y biológicas del suelo con mayor influencia sobre la infiltración y la erosión en ecosistemas semiáridos. *Revista de ecología de montaña* 165: 69-96.

Castillo-Monroy A, P., Mestre, M. 2011. La costra biológica del suelo: Avances recientes en el conocimiento de su estructura y función ecológica. *Revista Chilena de Historia Natural* 84: 1-21.

Clesceri, L. 1992. Métodos normalizados para análisis de aguas potables y residuales. Ediciones Díaz de Santos. España. 1816 pp.

Cortés-Pérez S. 2009. Cambio de la comunidad de amebas desnudas en el suelo contaminado por combustóleo en el municipio de Jalacingo, Veracruz. Tesis Maestría. FES Iztacala, UNAM.

Darby, B., Neher, D., Belnap, J. 2009. Impact of biological soil crust and desert plants on soil microfaunal community composition. *Plant Soil* 328:421-431.

Darbyshire, J.F., Greaves, M.P. 1967. Protozoa and bacteria in the rhizosphere of *Sinapis alba* L., *Trifolium repens* L., and *Lolium perenne* L. *Canadian Journal of Microbiology* 13. 1057–1068.

Darby, B.J., Housman, D.C., Zaki, A.M., Shamout, Y., Adl, S.M., Belnap, J., Neher, D.A. 2006. Effects of altered temperature and precipitation on desert protozoa associated with biological soil crusts. *Journal of Eukaryotic Microbiology* 53: 507–514.

Dávila, P. Arizmendi, M. Valiente-Banuet, A. Villaseñor, J.L. Casas, A. y Lira R. 2002; Biological diversity in Tehuacán-Cuicatlán, México. *Biodiversity and Conservation* 11: 421-442.

Departament of agricultute. 1997. Introduction to microbiotic crus. Unied States of America.

Evans, R. 1980. Soil Erosion. John Wiley and Sons Ltd, 109-125.

Foissner, W. 1992. Estimating the species richness of soil protozoa using the “non-flooded petri dish method”. *Protocols in protozoology*. Editado por Lee J. y A. Soldo. Allen Press, INC. Kansas, EUA. pp b-10.1pp

García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Garcia, O. 1991. Influencia de la dinámica del paisaje en la distribución de las comunidades vegetales en la cuenca del río de Zapotitlán, Puebla: México, Instituto de Geografía, UNAM, Investigaciones Geográficas, Boletín. 23: 53-70.

Gilbert, D., Mitchell, E. A. D., Amblard, C., Bourdier, G., Jean F. 2003. Population dynamics and food preferences of the teaste amoebae *Nebela tincta major-*

*bohemica-collaris* Complex (Protozoa) in a *Sphagnum* Peatland. *Acta Protozoologica* 42: 99-104.

Griffiths, B. S., Bonkoswki, M., Roy, J y Ritz, K. 2001. Funtional stability, substrate utilization and biological indicators of soil folling envirementel impacts. *Applied Soil Ecology* 16: 49-61.

Gonzales-Lozano, E. 2005. Correlación de la riqueza de especies de amebas desnudas con los factores fisicoquímicos del suelo en una terraza degradada de la cuenca baja del rio salado, Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas (Biología Ambiental). Posgrado en Ciencias Biológicas. UNAM. México D.F.

Herrera-Cuadra, J,M,M. 2001. Riqueza de especies de amebas desnudas en un suelo conservado y en uno degradado en Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Reporte. FES Iztacala, UNAM.

Hu, C., Liu, Y., Song, L y Zhang, D. 2002. Effect of desert soil algae on the stabilization of fine sands. *Journal of Applied Phycology* 14: 281-292.

Johansen, J.R. 1993. Cryptogamic crusts of semiarid and arid lands of North America. *Journal of Phycology* 29: 140–147.

Karpov, S., Flemming, E. y Moestrup, Ø. 2003. *Katabia gromovi* nov. gen., nov. sp – a new soil flagellate with affinities to *Heteromita* (Cercomonadida). *Protistology* 3(1): 30-41.

Kleiner, E.F y Harper, K.T. 1977. Soil properties in relation to cryptogamic groundcover in Canyonlands National Park. *Journal of Range Management* 30: 202-205.

Lange, O.L., Kidron, G.J., Budel, B., Mayer, Killan, E. y Abeliovich, A. 1992. Taxonomic composition and photosintetic characteristics of “biological soil crust” covering sand dunes in the West Neveg. *Funtional Ecology* 6: 519-527.

Lee, J., Leedale, G. y Bradbury, P. 2000. The Illustrated Guide to the Protozoa. Allen Pres. INC., Laurence. USA. Ed: 2da. 1: 1-689 y 2: 690-1432.

López-Galindo, F., Muñoz-Iniesta, D., Hernández-Moreno, M., Soler-Aburto, A., Castillo-López, M. C. y Hernández-Alzate I. 2003. Análisis de resultados de la toposecuencia y su influencia en la distribución de la vegetación y la degradación del suelo en la subcuenca de Zapotitlán, Salinas, Puebla. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. 56 1: 19-41.

McCune B. y Grace J.B. 2002. Amalysis of Ecological Communities. MjM Sorftware Desing. Oregon, USA. 300pp

Mendez, L. I. 2005. Zonificación de la reserve de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán: un enfoque fitogeográfico. Tesis de doctorado en ciencias biológicas. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autonoma de México. 115 pp.

Mondragón-Camarillo, L. 2007. Efecto del combustóleo sobre la comunidad de cialiados y flagelados de un suelo de cultivo de Jalacingo. Tesis Licenciatura FES Iztacala UNAM.

Moore, D.S. 2000. Estadística aplicada básica. W.H. Freeman and Company. U.S.A. 865 pp.

Moreno, C. E. 2001. Métodos para Medir la Biodiversidad. Volumen I. Manuales y Tesis. Sociedad Entomológica Aragonesa. Zaragoza, España. 84 pp.

Myl'nikov, A. y Karpov, S. 2004. Review of diversity and taxonomy of cercomonads. *Protystology* 3(4): 201-217.

Owen S. 2008. Conservación de recursos naturales. Ed, Pax México. 68pp.

Page, F. C. 1976. An Illustrated key to freshwater and soil amoebae. Freshwater biological Association, Ambleside, Cumbria, U.K. 155 pp.

Page, F.C. 1988. A new key to freshwater and soli gymanamoebae. Freshwater biological Association, Ambleside, Cumbria, U.K 122 pp.

Page, F.C. Siemensma, F.J. 1991. Nackter rhizopoda and Heliozoa. Gustab-Fisher Verlag, Stuttgar. 297 pp.

Patterson, D.J. 1996. Free-living freshwater protozoa, a colour guide. Manson Publishing Ltd. London, England. 223 pp.

Perez-Juarez, H. 2010. Comparación de la comunidad de amebas desnudas de vida libre de la zona de raíces de *Prosopis laevigata* y *Parkinsonia praecox* en el valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Tesis de Licenciatura. FES Iztacala, Unam.

Petz, W. 1997. Ecology of the Active Soil Microfauna (Protozoa, Metazoa) of Wilkes Land East Antarctica. *Polar Biol* 18:33-44.

Rivera, A., Manuell, C.I. y Godinez, A. H. 2004. Las costras biológicas del suelo y las zonas áridas. *Ciencias*. 75: 24-27.

Rivera-Aguilar, V., Montejano, G., Rodríguez-Zaragoza, S., Durán-Díaz, A. 2006. Distribution and composition of cyanobacteria, mosses and lichens of the biological soil crusts of the Tehuacán Valley, Puebla, México. *Journal of Arid Environments*. 67: 208–225.

Robinson, B.S., Bamforth, S.S., Dobson, P.J. 2002. Density and diversity of protozoa in some arid Australian soils. *Journal of Eukaryotic Microbiology* 49: 449–453.

Rodríguez- Zaragoza, S. 2005. Protozoos del suelo. En: Microbiología Agrícola hacia el siglo XXI. Editado por Alarcón A. R. Ferrera-Cerrato. Colegio de posgraduados, Montecillo, Edo. Méx. 249-267.

Rodríguez-Zaragoza, S., E. Mayzlish and Y. Steinberger. 2005. Seasonal changes in free-living amoebae species in the root canopy of *Zygophyllum dumosum* in the Negev Desert, Israel. *Microbial Ecology* 49: 134-141.

Rodríguez-Zaragoza, S., Rivera-Aguilar V., Moreno-Torres, R. 2007. Comunidades Microbianas. Deterioro Ambiental en zonas Áridas. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. 4: 63-78.

Rodríguez-Zaragoza, S., T. Gonzáles-Ruíz, E. González-Lozano, A. Lozada-Rojas, E. Mayslish-Gati, Y. Steinberger. 2008. Vertical Distribution of microbial communities under the canopy of two legume bushes in the Tehuacán Desert, México. *European Journal of Soil Science* 44: 373-380.

Rogers, R.W. y Lange, RT. 1971. Lichen Populations on Arid Soil Crusts around Sheep Watering Places in South Australia. *Oikos* 22(1): 93-100.

Rogers, RW. 1972. Soil surface lichens in arid and subarid south-eastern Australia. III. The relationship between distribution and environment. *Australian Journal of Botany* 20: 301-316.

Rzedowski, J. 1981. Vegetación de México. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (I.P.N). Limusa. 1° reimopresion. México. 430 pp.

Schwartz, M. W., C. A. Brigham, J.D. Hoeksema, K. G. Lyons, M. H. Mills y P.J van Matengem. 2000. Linking biodiversity to ecosystem function: implications for conservation ecology. *Oecologia* 122: 297-305.

Seoanez, C. 2005. Depuración de las aguas residuales por tecnológicas ecológicas y de bajo costo. Ed Mundi-prensa. 355 pp

Smirnov, A.V., Brown, S. 2004. Guide to the methods of study and identification of soil gymnamoebae. *Protistology* 3 (3): 148–190.

Vergara, H. C. 1997. Abejas y cactáceas en el Valle de Zapotitlán, Salinas. Instituto de Investigación y postgrado/departamento de química y biología. Universidad de las Américas, Puebla.

Veste, M. 2005. The importance of biological soil crusts for rehabilitation of degraded arid and semi-arid ecosystems. *Science of Soil and Water Conservation* 3: 42-47.

Vitousek, P.M, S Hättenschwiler, L lander y S. Allison. 2002. Nitrogen and nature. *Ambio* 31: 97-101.

West, N.E. 1990. Structure and function of microphytic soil crusts in wild land ecosystems of arid to semi-arid regions. *Advances in Ecological Research* 20: 179–223.

Wolda, H. 1986. Seasonality and the community. En Gee, J. H. R and Guille, P.S (Eds) Organization of community, past and presente. 27 Symposium of the British Ecological Society Blackwell Scientific Publications, Oxford, U.K. 576p.

Yeates, G.W., Bamforth, S. S., Ross, D. J., Tate, K. R., Sparling, G. P. 1991 Recolonization of methyl bromide sterilized soils four diferrent field conditions. *Biology and Fertility Soils* 11: 181-189.45

## Anexos I

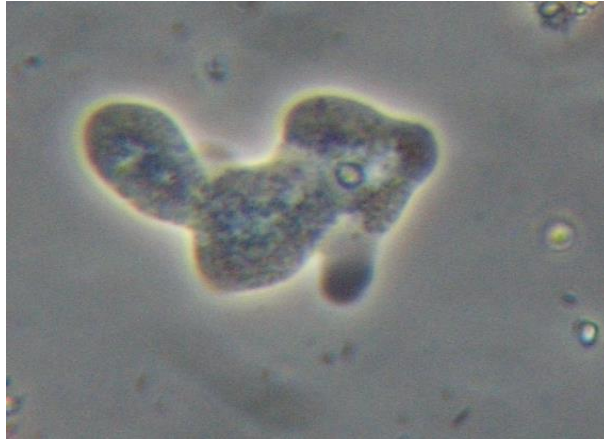
### Abreviaturas

Acansp	<i>Acanthamoeba sp</i>
Adelsp	<i>Adelphamoeba sp</i>
Aracsp	<i>Arachnula sp</i>
Amoepr	<i>Amoeba proteus</i>
Biomme	<i>Biomyxa merdaria</i>
Biomva	<i>Biomyxa vagans</i>
Dactst	<i>Dactylamoeba stella</i>
Dermmi	<i>Dermamoeba minor</i>
Deutal	<i>Deuteroamoeba algonquinesis</i>
Echisi	<i>Echinamoeba silvestris</i>
Filano	<i>Filamoeba nolandi</i>
Gephde	<i>Gephyramoeba deliculata</i>
Glaesp	<i>Glaeseria sp</i>
Hartca	<i>Hartmannella cantabrigiensis</i>
Hartve	<i>Hartmannella vermiformis</i>
Mayocu	<i>Mayorella cultura</i>
Mayomi	<i>Mayorella microeruca</i>
Mayosp	<i>Mayorella spatula</i>
Parava	<i>Paradermamoeba valamo</i>
Platsp	<i>Platyamoeba sp</i>
Platst	<i>Platyamoeba stenopodia</i>
Rhizau	<i>Rhizamoeba australiensis</i>
Rhizsa	<i>Rhizamoeba saxonica</i>
Stacll	<i>Stachyamoeba lipophora</i>
Stygre	<i>Stygamoeba regulata</i>
Tetrsp	<i>Tetramitus sp</i>
Tricsp	<i>Trichamoeba sp</i>
Undasp	<i>Unda sp</i>
Vahlav	<i>Vahlkampfia avara</i>
Vahlus	<i>Vahlkampfia ustiana</i>
Vahlab	<i>Vahlkampfia aberdonica</i>
Vahlen	<i>Vahlkampfia enterica</i>
Vannpl	<i>Vannella platypodia</i>
Vannsi	<i>Vannella simplex</i>
Vexiba	<i>Vexillifera bacillipedes</i>
Veximi	<i>Vexillifera minutissima</i>

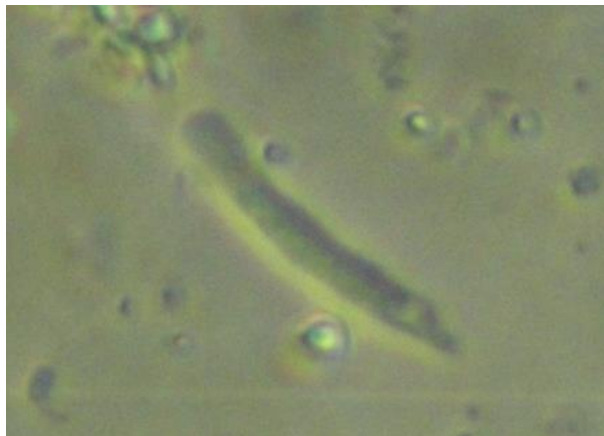


Anexo II

Imágenes de AVL a 40X  $\longleftrightarrow$  10  $\mu$ m



*Deuteramoeba algonquinesis*



*Hartmannella vermiformis*



*Platyamoeba stenopodia*

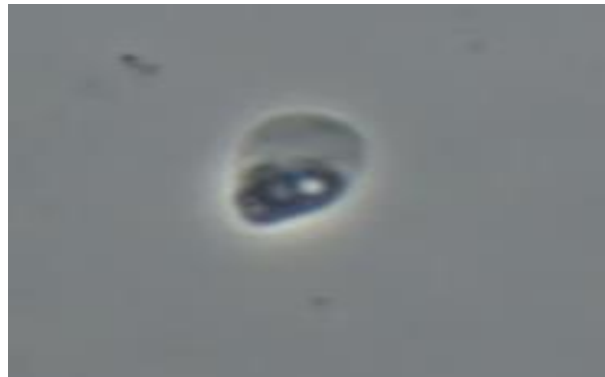
←→ 10 μm



*Rhizamoeba australiensis*

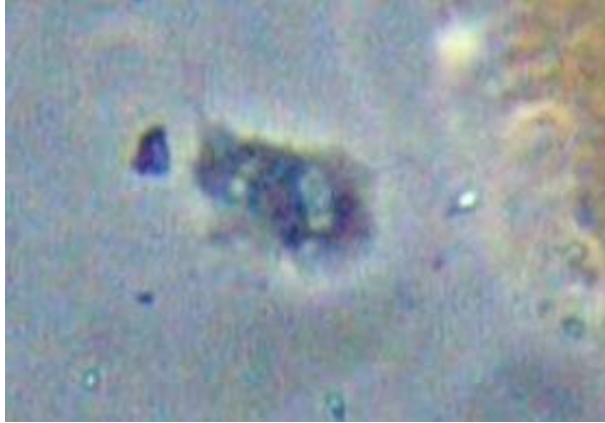


*Vahlkampfia avara*

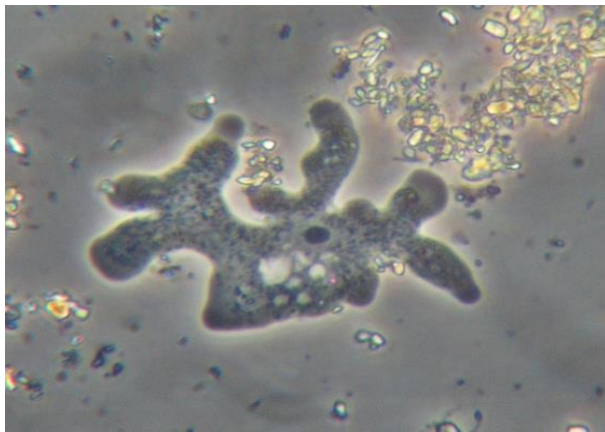


*Vannella platypodia*

←→ 10 μm



*Acanthamoeba sp*



*Gephyramoeba deliculata*



*Glaeseria sp*

←→ 10 μm



*Mayorella microeruca*



*Hartmannella cantabrigiensis*



*Stachyamoeba lipophora*

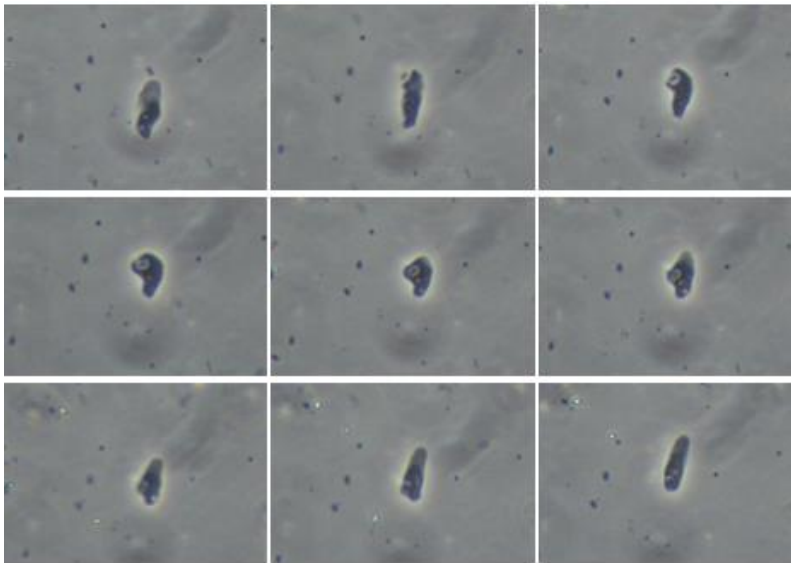
← 10 μm →



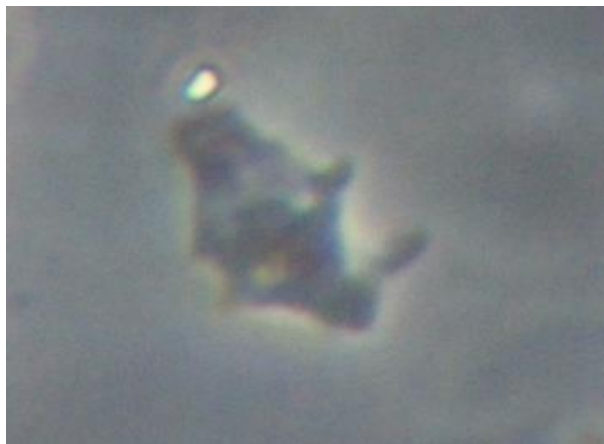
*Biomyxa vagans*



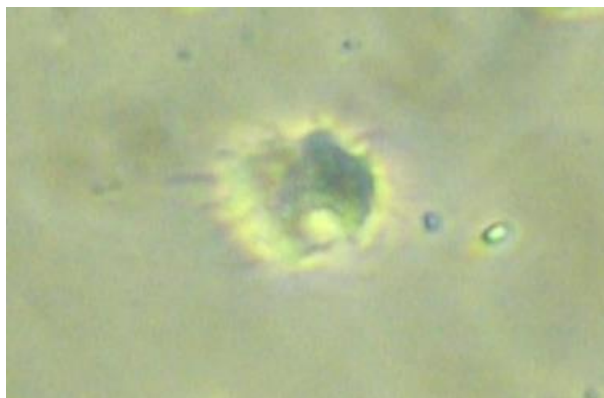
*Mayorella cultura*



*Platyamoeba stenopodia* fagocitando una bacteria



*Mayorella spatula*



*Arachnula* sp

←→ 10 μm



*Paradermamoeba valamo*



*Vahlkampfia aberdonica*



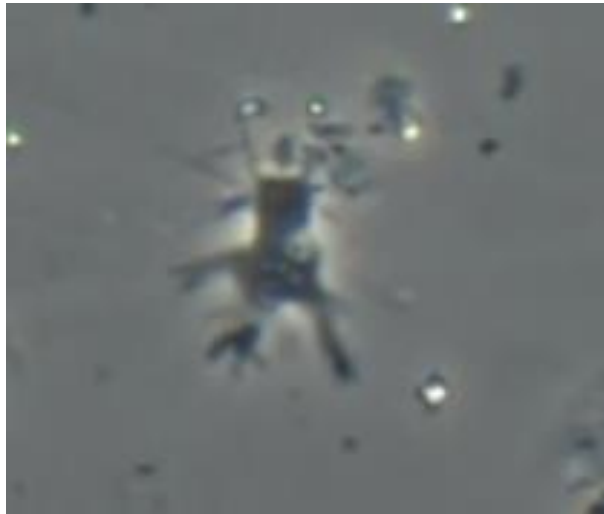
*Adelphamoeba sp*



←→ 10 μm



*Unda sp*



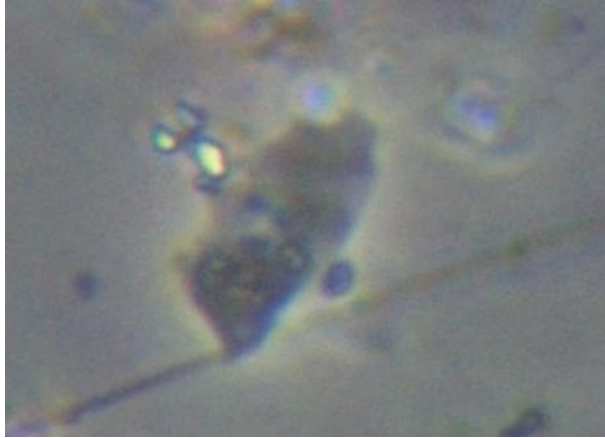
*Vexillifera bacillipedes*



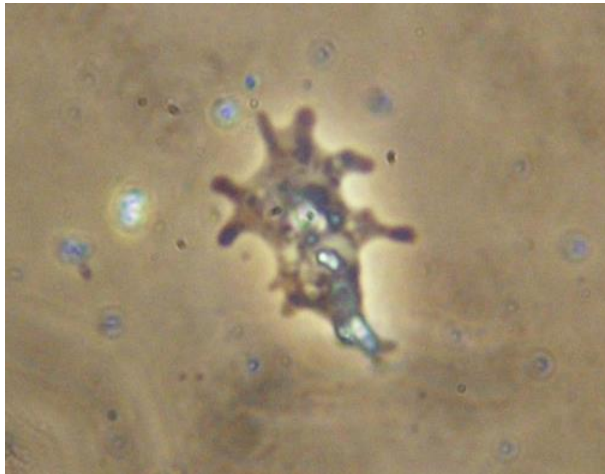
*Vahlkampfia ustiana*



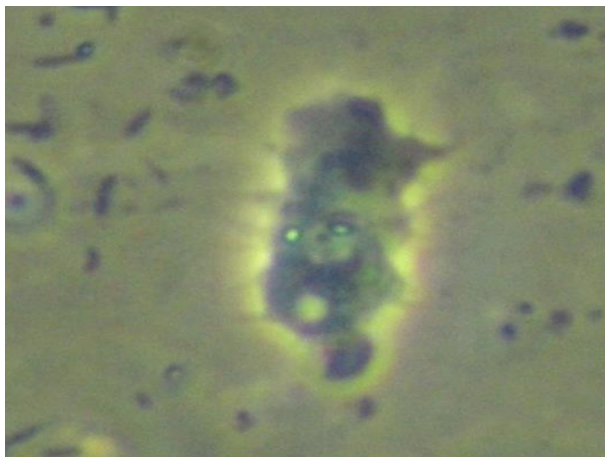
←→ 10 μm



*Dermamoeba minor*



*Dactylamoeba stella*



*Echinamoeba silvestris*