



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Estudios Superiores Iztacala

**“DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE LA COMUNIDAD DE CILIADOS Y
FLAGELADOS PRESENTES EN LA ZONA DE RAÍCES DE *Prosopis
laevigata* Y *Parkinsonia praecox* EN ZAPOTITLÁN SALINAS, PUEBLA.”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

BIÓLOGO

PRESENTA:

CRUZ CARLOS CASTILLO CAMACHO

DIRECTOR DE TESIS: DR. SALVADOR RODRÍGUEZ ZARAGOZA

LOS REYES IXTACALA, TLALNEPANTLA, ESTADO DE MÉXICO 2015





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.

Agradecimientos:

A la Universidad Nacional Autónoma de México por formar parte de ella.

Al Dr. Salvador Rodríguez Zaragoza por su apoyo incondicional en todo momento, por ser una guía no solo académica también de vida, por no dudar de mí aunque yo sí lo hiciera y sobre todo por permitirme ser su amigo.

Al PROFESOR Ramón Víctor Moreno Torres por traerme al laboratorio, por ser un académico excepcional y sobre todo por formar parte fundamental en mi formación.

A Laura por ser mi madre académica y siempre ser un ejemplo de persona, a Sandra por su sabiduría irreverente, a Jorge por ser un excelente amigo y buen compañero, a Daniel por su grandioso ánimo de superación, Jaime por la elocuencia con la que se maneja, a Candice por ser tan fuerte, a Erick por el apoyo y los ánimos en todo momento y a toda la demás tres veces H. Banda Micro Ana, Carlos, Juan, Abid, Isabella, Jesus, Mario y Angy.

A mis padres Carlos Castillo y Guadalupe Camacho y mis hermanos Daniel y Jonathan Castillo por ser lo que son, ahora yo soy. Siempre he contado con su apoyo incondicional.

A la banda Cianuresca que siempre viven en mis recuerdos mas felices, Pollo, Quique, Ray, Vero, Karina y Monserrat gracias por estar!!

A J. C. Tovar por ser mi JEDI en el mundo de la Bioinformática y Computación.

A Lizbeth por confiar en que puedo lograr esto y mas.

Dedico esta tesis a mis hermosas Leslie y Layla, razón suficiente para seguir!!

“Every object that biology studies is a system of systems.” Francois Jacob (1974).

Contenido

Resumen.....	4
Introducción	5
Zonas áridas	5
Microambientes.....	5
<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. et Bonpl. ex Willd) M.C. Johnston	6
<i>Parkinsonia praecox</i> (Ruiz et Pavón) Hawkins	7
Suelo	8
La zona de raíces.....	9
Levantamiento hídrico.....	10
Los microorganismos del suelo.....	10
Antecedentes.....	11
Pregunta de investigación.....	12
Hipótesis	12
Justificación.....	12
Objetivos.....	12
General	12
Particulares.....	13
Zona de estudio	13
Material y métodos.....	14
Toma de muestras	14
Extracto de suelo	15
Cultivo.....	15
Determinación	16
Análisis.....	16
Resultados.....	16
Riqueza de especies.....	16
<i>Prosopis laevigata</i>	19
<i>Parkinsonia praecox</i>	21
Suelo sin planta	23
Grupos tróficos	25
Similitud de riqueza de especies	26
Análisis de correlación canónica (CCA).....	31
Discusión	32
Conclusión.....	35
Bibliografía	36

Resumen

Prosopis laevigata y *Parkinsonia praecox* son dos arbustos de gran importancia para la zona de Tehuacán ya que son dominantes, ambas especies presentan fenologías muy similares, el follaje en estas plantas parece ser la mayor diferencia, *P. praecox* tira sus hojas después de la temporada de lluvias, mientras que *P. laevigata* mantiene sus hojas a lo largo de todo el año. Se esperaba que la riqueza de especies fuese mayor en el suelo bajo el dosel de *P. laevigata* y *P. praecox* de manera similar, lo cual no fue así ya que estas leguminosas fomentan el establecimiento de las comunidades de ciliados y flagelados de manera distinta. El estudio fue anual, realizando un muestreo en el mes de mayo (sequía) y otro en agosto (humedad). Se colectaron 5 muestras de suelo a 10 cm de profundidad hasta llegar a 50 cm bajo el dosel de las dos plantas y en suelo de inter-espacio, teniendo cuatro repeticiones por cada sitio de muestro, fueron trasladadas y procesadas en el laboratorio. Las comunidades de ciliados y flagelados se distribuyen a largo de todo el gradiente de profundidad, encontrando diferencias en cuanto a la riqueza de especies y las condiciones estacionales. Los flagelados presentan una mayor riqueza de especies bajo *P. laevigata* en la temporada húmeda y en la época seca los ciliados tienen una mayor actividad principalmente en las profundidades de 30 a 50cm. Así mismo, los flagelados mostraron una mayor riqueza de especies y una mayor frecuencia de aparición en todo el gradiente del suelo bajo *P. praecox* en las dos temporadas de muestreo, mientras que los ciliados estuvieron presentes principalmente en los primeros 30 cm de profundidad solo en la temporada de lluvias. Los factores físico-químicos tomados en cuenta para este estudio sostienen con un 33% de la varianza que las condiciones favorables para el establecimiento de las comunidades se debe a una mayor retención de agua bajo el dosel de *P. laevigata*. Los grupos tróficos pueden dar cuenta de la dependencia simbiótica asociada a las comunidades bacterianas y su constante necesidad hídrica, ya que en su mayoría son bacterívoros. *P. laevigata* representaría una mejor "isla" de protozoos del suelo que *P. praecox* encontrando diferencias en cuanto a la riqueza de especies y las condiciones estacionales. El presente estudio reconoce las diferencias de las comunidades de ciliados y flagelados entre los dos arbustos y da pauta para continuar en la investigación acerca del papel que juega estos microorganismos en las redes ecológicas de las zonas áridas.

Introducción

Zonas áridas

México es un país que presenta una gran cantidad de cadenas montañosas, lo cual, sumado a su posición latitudinal en el mundo, le confiere una gran variedad de tipos de climas, desde zonas áridas cálidas y muy secas, hasta zonas frías y muy lluviosas (Arias, 2001). El territorio nacional está cubierto aproximadamente en un 60% por zonas áridas y semiáridas que se encuentran en la mitad del norte del país, y algunos enclaves más al sur como el valle de Tehuacán en el estado de Puebla. Estas áreas aunque no menos ricas en diversidad que las regiones húmedas, son de gran importancia, ya que presentan una gran cantidad de especies vegetales (Rzedowski, 1996).

A todo lo largo y ancho del planeta se encuentran establecidas comunidades humanas que subsisten gracias a su interacción con el ambiente, a través del uso y explotación de los recursos naturales que éste les brinda. El desmedido e incontrolado crecimiento poblacional que se ha presentado en las últimas décadas ha traído como consecuencia una fuerte presión ejercida sobre los ecosistemas naturales (Arias Toledo, 2001). México, al igual que otros países en el mundo, sufre de un proceso de erosión en sus suelos y un aumento en la destrucción de su flora. A pesar de estos problemas, se sabe que aún cuenta con una gran variedad de especies con potencial para su explotación y recuperación de suelos (Monroy, 1992)

Microambientes

La vegetación en las zonas áridas se distribuye de manera discontinua en parches o mosaicos, debido a la escasez de agua, dando origen a mecanismos de resistencia y adaptación a este tipo de estrés (Cervantes R. , 2002). Los árboles y arbustos de las zonas áridas promueven el mosaico de paisaje para la acumulación de suelo, materia orgánica, agua, nutrientes y otros recursos (Pen-Mouratov, 2003). *P. laevigata* y *P. praecox* desempeñan este papel en las terrazas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Estas dos plantas florecen y fructifican durante el periodo de sequías, alcanzando su floración y fructificación en las temperaturas más altas. Este patrón de reproducción puede atribuirse a las propiedades que presentan estas dos especies al utilizar el agua almacenada de grandes profundidades en el suelo (Pavon & Briones, 2001). Estas plantas forman “islas de fertilidad” al crear condiciones ambientales benéficas para otros componentes del ecosistema, como lo es la vegetación asociada, además son clave en la reforestación y rehabilitación de suelos degradados, como es el caso de todas las especies potencialmente rehabilitadoras de la familia de las leguminosas, las cuales son abundantes en el Valle de Tehuacán (Dávila, 1993).

También conocido como el Mezquite, *P. laevigata* es un árbol o arbusto espinoso de hasta 10 m de altura. Su periodo de floración es entre los meses de marzo y mayo. Es un árbol de tamaño regular y de hojas pequeñas que se pierden durante los meses de sequía. Únicamente sobre esta planta crece un insecto Hemimpero de la familia Lygaeidae conocido localmente como “cocopache”, el cual se puede emplear como complemento en varios alimentos y completa su ciclo de vida alimentándose de los tallos y hojas. Este árbol crece en lugares con suelos poco profundos, como a las orillas de los ríos, en las faldas de las lomas y a orillas de los caminos (Arias, 2001).

Se distribuye en el sur de Estados Unidos y en México, en este país se encuentra en los estados de Aguascalientes, Coahuila, Chiapas, Durango, Guerrero, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas. Esta especie es abundante en todo el valle de Zapotitlán Salinas (Cervantes R. , 2002).

Esta planta se considera freatofita con un sistema radicular visible de hasta 10 y 12 m a lo largo de un curso de agua intermitente, más lo que desarrolla de manera subterránea. Las plantas freáticas pueden actuar como indicadoras de la profundidad del agua en la zona y a veces de su calidad. Algunas se comportan como verdaderas expulsoras de grandes cantidades de agua desde los matos freáticos a la atmosfera (González M. F., 2012).

Al pie de los tallos de esta especie es común que se siembren individuos de *Hylocereus undatus* (pitahaya), a los que sirve de sostén y sombra. En la temporada en que crece el “cocopache”, los habitantes de la región visitan los mezquites en busca de estos insectos, ya que son un platillo muy preciado por ellos. La leña de esta planta es considerada como de muy buena calidad, por lo cual es bastante colectada, teniendo como resultado la reducción de las poblaciones de esta especie en las zonas en las que se distribuye (Carrillo, 2008).



Figura 1 *Prosopis laevigata* (Johnston) morfología del “Mezquite” en estado arbustivo.

Parkinsonia praecox (Ruiz et Pavón) Hawkins

P. praecox es conocida comúnmente como breva o palo verde. Su período de floración es entre los meses de marzo y septiembre, pero en la región de Zapotitlán se observa una sincronía en su floración, que ocurre durante los meses de febrero y marzo. Durante los meses de junio a agosto (y algunas veces hasta octubre), crece en el tallo una larva de Lepidoptera conocida localmente con el nombre de “cuchamá”, se alimenta del tallo y de las hojas de este árbol. La cuchamá como platillo, es muypreciado por los habitantes del valle de Zapotitlán (Arias, 2001).

Esta planta es cultivada por los habitantes de la región, debido a que en ocasiones se siembran individuos de *Hylocereus undatus* (pitahaya) al pie de su tallo. Éstos son protegidos por la sombra del palo verde, el cual proporciona un ambiente relativamente fresco y húmedo. También se utiliza la leña del palo verde como combustible de buena calidad (García, 2003).

Se distribuye desde Argentina, Bolivia, Peru, Paraguay, Venezuela, hasta el sur de los Estados Unidos y en las zonas áridas de México se encuentra en la zona sur, incluyendo el valle de Tehuacán, Puebla (García, 2003).



Figura 2 Parkinsonia Praecox (Ruiz y Pavón) morfología del “Palo verde” en estado arbustivo.

Suelo

El suelo es un recurso natural básico, del que depende la producción de muchos bienes y servicios y su pérdida constituye un problema para las generaciones actuales y futuras. El suelo se define como la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, y se origina por la interacción de partículas minerales de varios tamaños, con las raíces de las plantas y microorganismos, por ello contiene materia orgánica, gases, agua y minerales disueltos (Bardgett, 2005).

Los suelos de las zonas áridas son rocosos, de colores claros, someros, generalmente pobres en materia orgánica y se desarrolla sobre material no consolidado. Estos suelos se presentan en planicies o en superficies de escasa pendiente, están poco desarrollados y son muy someros. La separación vertical del perfil del suelo en horizontes diferentes no es muy

marcada. Las propiedades químicas de los mismos están fuertemente influenciadas por las propiedades de la roca madre de la cual se ha originado (González M. F., 2012).

Su fertilidad es variable y por lo regular su productividad está condicionada por su profundidad y pedregosidad (Vásquez et al, 2010). De entre las diferentes zonas del suelo, las de inter-espacio son lugares en los que no hay cobertura vegetal en la zona superficial del suelo, pero sí existen raíces distribuidas en su interior.

La zona de raíces

James & Leij (2012) definen a las raíces como parte fundamental del sistema suelo y los procesos que son ampliamente controlados o directamente influenciados por las raíces y son referidos como procesos de la misma, es el “campo de acción o influencia de una raíz”. Así, la rizósfera es considerada como la zona estrecha del suelo sujeto a la influencia de las raíces, donde los exudados de la raíz estimulan o inhiben las poblaciones microbianas y sus actividades. El rizoplano o raíz superficial proporciona una base de nutrientes altamente favorable para muchas especies de hongos y bacterias. Por tanto, la rizosfera es la parte del ecosistema del suelo donde las raíces de las plantas, el suelo y la biota del suelo interactúan entre sí (James & Leij, 2012). Las interacciones entre la rizósfera y los microorganismos del suelo son ubicuos, existen varios niveles tróficos, son un componente esencial en la función de los ecosistemas; esta relación simbiótica puede estar relacionada con el estado actual de las comunidades microbianas (Richardson et al, 2009).

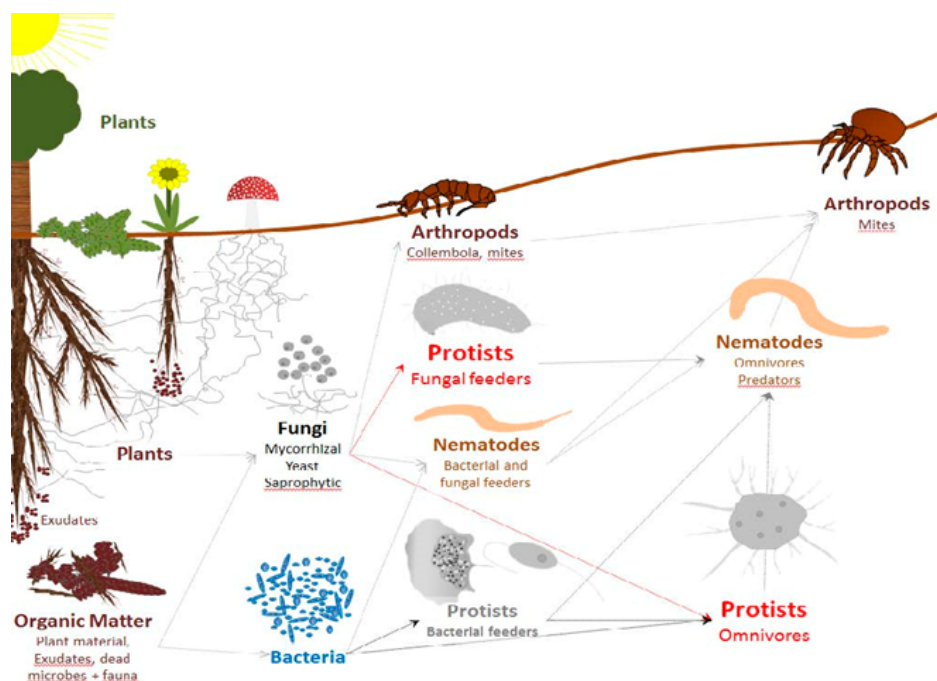


Figura 3 Vista general de la Red trófica del suelo, mostrando el papel de los protistas edáficos. Tomado de (Stefan, 2014)

Levantamiento hídrico

El levantamiento hídrico o “hydraulic lift” es como, los sistemas de raíces, llevan agua de las capas más profundas y húmedas del suelo, a las zonas más superficiales donde no hay concentraciones de humedad (Richards & Caldwell, 1987). Este fenómeno también puede llevarse a cabo de modo inverso, e inclusive en forma lateral (Smart, et al, 2005). El flujo de salida de agua de las zonas de raíces al suelo, por lo general se lleva a cabo durante la noche cuando transpiración de las plantas es mínimo y se ha reportado en una amplia gama de plantas que va desde herbáceas hasta grandes árboles (Caldwell & Richards, 1989).

Así mismo, se han reportado en diversos ecosistemas como los bosques tropicales (Scholz, et al, 2008), ambientes templados (Kurz-Besson, et al, 2006), manglares (Hao, et al 2009) y en ambientes áridos y semiáridos (Armas, et al, 2010). En los sistemas áridos y semiáridos las leguminosas han probado ser eficaces en el levantamiento hídrico para favorecer el intercambio de nutrientes (Jiayin, et al, 2013), además de ser crucial en la redistribución de agua a simbiontes asociados como hongos micorrizicos y otros microorganismos (Querejeta, et al , 2012).

Los microorganismos del suelo

Los microorganismos del suelo son los agentes de transformación de la materia orgánica, nutrientes y de la mayoría de los procesos clave en el suelo. Sus actividades por mucho, son influenciadas por los factores físico-químicos y las interacciones ecológicas (David, 2001). Los microorganismos del suelo se pueden reconocer en grandes grupos, cuentan con características y funciones particulares. Algunas de estos grupos reconocibles son las bacterias, virus fagocíticos, hongos micorrizicos, cianobacterias, algas y protozoos. Estos últimos cumplen un papel fundamental debido a las funciones que desempeñan dentro del sistema (Atlas & Bartha, 2006)

Los protozoos juegan un papel muy importante como indicadores de la calidad del suelo ya que se encuentran en la base de la red alimenticia eucariota heterótrofa, consumen una parte significativa (por lo general menos del 50%) de la producción bacteriana, mejorando los ciclos de los nutrientes y el flujo de energía. Así, los estudios sobre su dinámica y las estructuras de la comunidad proporcionan una herramienta para evaluar y vigilar los cambios de su riqueza o abundancia en el entorno biótico y abiótico. La selección de presas se hace generalmente con base en el tamaño, la estructura de la colonia y si se agregan o no al sustrato (Foissner, 1999).

Existen numerosos factores que pueden afectar la riqueza de especies, como son: las interacciones tróficas, la heterogeneidad del hábitat espacial y temporal, la disponibilidad de recursos y el tipo de perturbaciones, que son diferentes en cada microambiente

(González, 2005). En su mayoría, a lo largo de todo el año, el suelo de las zonas áridas se encuentra en una situación de sequía, que influye en las actividades de los organismos, y por tanto, también afecta el reciclaje de los nutrientes por parte de las bacterias y los protozoos. El agua en las zonas áridas está en constante movimiento a lo largo de gradientes verticales. Así, la dinámica del agua en las zonas más superficiales puede ser muy diferente que en zonas más profundas (Rodríguez-Zaragoza, 2005).

Antecedentes

Rodríguez-Zaragoza, en el 2005 estudio la dinámica poblacional de amebas de vida libre en arbustos de zonas áridas, encontrando que se distribuyen a lo largo de todo el gradiente de profundidad (0-50 cm).

Mondragón-Camarillo en el 2007 estudió la estructura de la comunidad de ciliados y flagelados en suelos de cultivo, encontrando diferencias en la abundancia de especies y la simplificación de la estructura trófica ante los cambios provocados por contaminación de hidrocarburos.

Rodríguez-Zaragoza et al, en el 2008 estudiaron la distribución vertical de las comunidades microbianas, encontrando que a pesar de que no existen variaciones en las comunidades de bacterias *P. laevigata* puede influir en la distribución de nitrógeno debido al hecho de que se llevó a cabo sólo una toma de muestras, este estudio elucidó las diferencias en la comunidad microbiana entre los dos arbustos, pero la dinámica de la comunidad anterior no pudo demostrarse.

Barnes et al, en el 2008 observaron el efecto que tiene *Atriplex halimus* y *Hammada scoparia* sobre las comunidades microbianas en los sistemas desérticos, encontrando que el efecto de estos arbustos tiene resultado importante en las variables microbianas no sólo por temporada temporada, sino también sobre una base espacial (vertical).

Stanislav et al, en el 2008 realizaron un estudio del efecto de *Cercidium praecox* y *P. laevigata* en la distribución vertical de nematodos de vida libre, encontrando que la mayor abundancia se localiza en los primeros 10 cm de profundidad y que esta depende de los efectos de las plantas limitados por factores tales como la humedad del suelo y la disponibilidad de materia orgánica.

Pregunta de investigación

¿Cuál es la distribución vertical de la comunidad de ciliados y flagelados en profundidades de 0 a 50 cm, presentes en temporadas de lluvia y sequía, en la zona de raíces de *Prosopis laevigata* y *Parkinsonia praecox* del valle de Tehuacán, Puebla?

Hipótesis

Si la disponibilidad de agua es una condicionante en la aparición de especies, la riqueza de ciliados y flagelados será mayor a lo largo de todo el gradiente (0 a 50 cm) en la temporada de lluvias, así como también se espera una mayor riqueza en las profundidades más alejadas de la superficie en la temporada de sequía por la poca disponibilidad de agua.

Justificación

Existe una preocupación a nivel global por la pérdida de suelos de manera natural y antropocéntrica. La retención de los suelos, en gran parte, se debe a la cobertura vegetal. Así mismo, las plantas demandan recursos del suelo para su crecimiento y estabilidad. El estudio de las comunidades microbianas del suelo, está inmerso en un punto nodal de la liberación de los nutrientes y el flujo de energía al encontrarse asociados en su mayoría, en la zona de raíces. El desarrollo de las comunidades de ciliados y flagelados nos ayudará entender el impacto que tienen en el reciclaje de los nutrientes biológicos de la planta y en su desarrollo. Así, proponer el uso adecuado y planificado de los suelos ayudara a evitar, mitigar o prever problemáticas posteriores.

Objetivos

General

Determinar la comunidad de ciliados y flagelados de la zona de raíces de *P. laevigata* y *Parkinsonia praecox* en las temporadas de lluvia y sequía, en una terraza aluvial de Zapotitlán Salinas, Puebla.

Particulares

- Determinar la riqueza de especies de ciliados y flagelados
- Diferenciar los grupos tróficos a los cuales pertenecen
- Comparar las comunidades de protozoos en la variación espacial (*P. laevigata* y *P. praecox*).
- Comparar las comunidades de protozoos en su variación estacional (Sequía y Lluvia).

Zona de estudio

El Valle de Zapotitlán Salinas se encuentra enclavado en la porción occidental del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, al sureste del Estado de Puebla y zonas adyacentes al noroeste de Oaxaca. Tiene una superficie aproximada 270 km² y se ubica entre los 18° 12' y 18° 24' de latitud norte y entre los 97° 24' y 97° 36' de longitud oeste (Figura 4), con un rango altitudinal de 1,460 a 2,600 msnm (López, 2003.).

El clima de la región según la clasificación de Köppen modificada por García (1973) corresponde a un BSo hw", (i,) que es seco semi-cálido con una temperatura media anual de 21° C, una precipitación media anual de 400 a 500 mm en sus porciones central y oeste. El tipo de vegetación dominante es el matorral xerófilo aunque en la parte sur del valle el principal tipo de vegetación es el bosque tropical caducifolio. Este tipo de vegetación está caracterizada por la alta variedad y riqueza de elementos endémicos de varios grupos taxonómicos en la flora actual (Dávila, 1993)

Los suelos en estas zonas son pedregosos y someros en la mayor parte de esta área, con diferentes niveles de alcalinidad y salinidad producto de la influencia de los diferentes sustratos geológicos presentes en el sitio. Las principales unidades de suelos reportadas son: litosoles, cambisoles cálcicos y xerosoles cálcicos derivados de evaporitas del cretácico inferior y medio. También se han determinado regosoles y fluvisoles calcáricos formados por materiales transportados derivados de sedimentos aluviales (López, 2003.).

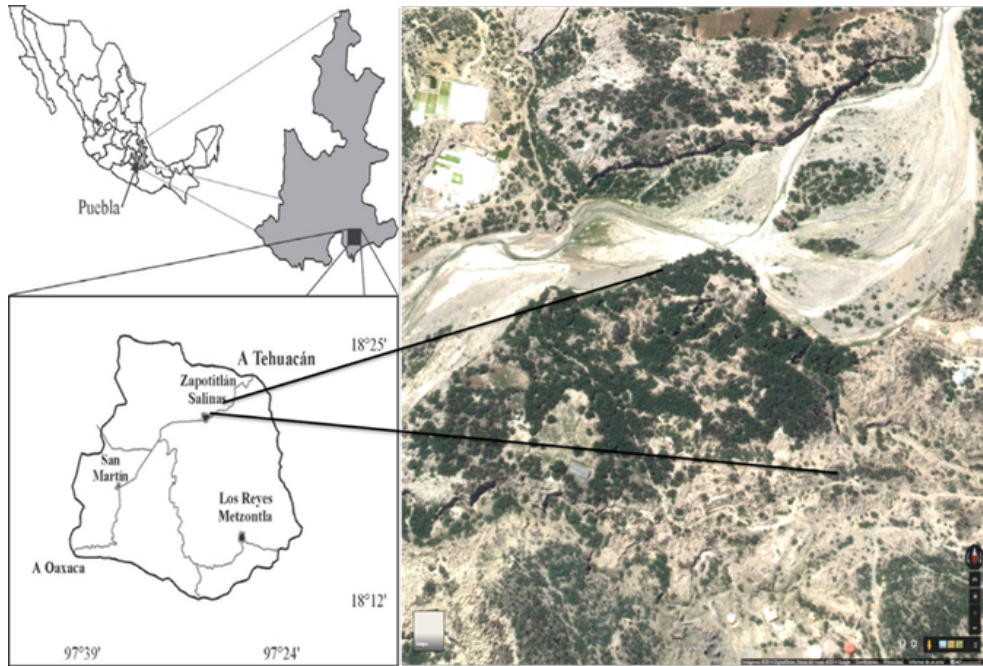


Figura 4 Mapa de localización de Zapotitlán Salinas, Puebla (Modificado de López-Galindo et al., 2003)

Material y métodos

Toma de muestras

El suelo se colectó en mayo y agosto del 2009. Las muestras fueron obtenidas asociadas a la raíz de 4 individuos de *P. laevigata*, *Parkinsonia praecox* y suelo sin planta, a profundidades de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 cm, estas se depositaron en bolsas de polietileno autosellables, en las que se transportaron al laboratorio, donde se almacenaron a 4 °C.

		Lluvias	Sequía	Total
Ambientes de muestreo	P. Laevigata P. Praecox Suelos sin planta	3	3	3
Individuos por ambiente	4 individuos por especie	4	4	8
Muestreos por individuos	5 muestras: 0-10 cm 10-20 cm 20-30 cm 30-40cm 40-50cm	20	20	40
Submuestreos	Por cada muestra se tomaron 30 gr. de suelo	600gr	600gr	1200gr

Extracto de suelo

A 200 g de suelo se les agregó 1 L de agua destilada y se homogeneizó, se mantuvo en baño María a 60°C durante 2 h, se filtró a una temperatura aproximada de 40°C, este se esterilizó y refrigeró para su posterior uso (Mondragon-Camarillo, 2011).

Cultivo

En 3 cajas Petri por cada profundidad se colocaron 10 g de suelo para poder tener repeticiones de las muestra, los cuales se humedecieron con extracto de suelo hasta llegar al 40% de su capacidad de campo, las muestras se incubaron a 27°C durante 3 días para hacer crecer a los microorganismos, pasado este tiempo se agregaron de 5 a 10 ml de extracto de suelo, con una servilleta de papel se filtraron ejerciendo presión con un dedo para obtener a los ciliados y flagelados (método del suelo húmedo de Bamforth, 1992). Las muestras obtenidas se colocaron en tubos y se mantuvieron a temperatura ambiente durante tres semanas que fue el periodo de observación. Todo este procedimiento se realizó 3 veces dando un total de 30 cajas por cada suelo. Se realizaron 540 observaciones en los tres microambientes (4 individuos, 5 profundidades, 9 submuestras por profundidad).

		Lluvias	Sequía	Total
Cultivos por submuestras	Por cada submuestras se pusieron en cultivo 3 cajas petri con 10 gr. de suelo.	60 cajas	60 cajas	120 cajas
Incubaciones por submuestras	Por cada 10 gr. de cultivo se extrajo el filtrado en 1 tubo de ensaye a temperatura ambiente con extracto de suelo.	90 tubos	90 tubos	180 tubos
Observaciones por incubación	Se procesaron 3 láminas a observación por cada incubación.	270 Observaciones	270 Observaciones	540 observaciones en periodo de tres semanas en intervalos de tres días.

Determinación

Se realizaron preparaciones de cada muestra para observarlas en el microscopio de contraste de fases, la determinación se realizó con base en la morfología de los ciliados y flagelados. Para la determinación se utilizaron las claves de Patterson (1996); Lee, et al (2010); y referencia en artículos. En algunos casos solo fue posible determinar a los organismos hasta el nivel de género y se les agrego sp. para indicar que es una especie de ese género.

Análisis

Se analizó la similitud dentro de las profundidades, entre las plantas y las temporadas, mediante el índice de similitud de Sørensen (McCune y Mefford, 1999). Se realizó el análisis de correlación canónica (CCA) con el programa estadístico PCord versión 6, tomando en cuenta los factores fisicoquímicos del suelo. Los factores fisicoquímicos fueron obtenidos gracias a la base de datos en estudios previos, proporcionados por la Dra. Angélica Serrano Vázquez y que corresponden los tiempos y sitios de muestreo (Serrano, 2013).

Resultados

Riqueza de especies

Se identificaron un total de 22 especies pertenecientes a 15 géneros y 12 familias, 18 de ellas se encontraron en *P. laevigata*, 15 en *Parkinsonia praecox* y 14 en el suelo sin planta (Tabla 2). La cantidad de especies encontradas en la época de lluvias fue mayor (18 sp), que en la temporada de sequía (16 sp). Cabe mencionar que el flagelado *Rhynchomonas nasuta* y los ciliados *Plesiocaryon elongatum*, *Astylozoon sp.* y *Vorticella sp.* se observaron solo en la temporada de sequía (Tabla 1).

	FAMILIA	GENERO	Humedad	Sequía
FLAGELADOS	BODONIDAE	<i>Bodo designis</i>	+	+
		<i>B. caudatus</i>	+	+
		<i>B. saltans</i>	+	+
		<i>Rhynchomonas nasuta</i>	-	+
	CHROMULINACEAE	<i>Oikomona mutabilis</i>	+	+
		<i>Oikomona sp.</i>	+	+
		<i>Spumella sociales</i>	+	+
		<i>S. cylindrica</i>	+	+
		<i>S. sp</i>	+	-
	ASTASIACEAE	<i>Astasia sp</i>	+	-
	PARAPHYSOMONADACEA	<i>Paraphysomonas sp</i>	+	-
	HETEROMITIDAE	<i>Protaspis sp</i>	+	-
	SILUANIACEAE	<i>Adriamonas sp</i>	+	-
EUGLENACEAE	<i>Euglenopsis sp</i>	+	-	
CERCOMONADIDAE	<i>Cercomonas sp</i>	+	+	
CILIADOS	CYRTOLOPHOSIDIDAE	<i>Plesiocaryon elongatum</i>	-	+
		<i>P. sp</i>	+	+
		<i>Cyrtolophosissp</i>	+	+
	COLPODIDAE	<i>Colpoda cucullus</i>	+	+
		<i>C. sp.</i>	+	+
	ASTYLOZOIDAE	<i>Astylozoon sp</i>	-	+
	VORTICELLIDAE	<i>Vorticella sp</i>	-	+

Tabla 1 Especies de ciliados y flagelados identificados en la temporada de Lluvia y Sequia, en Zapotitlán Salinas, Puebla.

Flagelados como *Bodo designis*, *B. caudatus*, *B. saltans*, *Oikomona cylindrica* *Oikomona sp.* y *Cercomonas sp* así como *Plesiocaryon sp.*, *Cyrtolophosis sp.* y *Colpoda cucullus* estuvieron presentes en los tres microambientes y en las dos temporadas.

	FAMILIA	GENERO	P. laevigata	P. praecox	Suelo sin planta
FLAGELADOS	BODONIDAE	<i>Bodo designis</i>	+	+	+
		<i>B. caudatus</i>	+	+	+
		<i>B. saltans</i>	+	+	+
		<i>Rhynchomonas nasuta</i>	-	-	+
	CHROMULINACEAE	<i>Oikomona mutabilis</i>	+	+	+
		<i>Oikomona sp.</i>	+	+	+
		<i>Spumella sociales</i>	-	+	+
		<i>S. cylindrica</i>	+	+	-
		<i>S. sp</i>	+	+	-
	ASTASIACEAE	<i>Astasia sp</i>	+	+	-
	PARAPHYSOMONADACEAE	<i>Paraphysomonas sp</i>	+	+	-
	HETEROMITIDAE	<i>Protaspis sp</i>	+	-	-
	SILUANACEAE	<i>Adriamonas sp</i>	+	+	-
EUGLENACEAE	<i>Euglenopsis sp</i>	+	-	+	
CERCOMONADIDAE	<i>Cercomonas sp</i>	+	+	+	
CILIADOS	CYRTOLOPHOSIDIDAE	<i>Plesiocaryon elongatum</i>	+	-	+
		<i>P. sp</i>	+	+	+
		<i>Cyrtolophosis sp</i>	+	+	+
	COLPODIDAE	<i>Colpoda cucullus</i>	+	-	-
		<i>C. sp.</i>	+	+	+
	ASTYLOZOIDAE	<i>Astylozoon sp</i>	-	-	+
	VORTICELLIDAE	<i>Vorticella sp</i>	-	-	+

Tabla 2. Especies de ciliados y flagelados identificados en *Prosopis laevigata*, *Parkinsonia praecox* y Suelo sin planta, de una terraza aluvial degradada en Zapotitlán Salinas, Puebla.

La suma de especies de flagelados y ciliados de todos los microambientes en las dos temporadas, arrojó una relación 68% de flagelados contra 32% de ciliados (Figura 5A). Sin embargo, los flagelados representaron el 78% de las especies en la época de lluvia (Figura 5B) y su proporción se redujo al 56% en la época seca (Figura 5C).

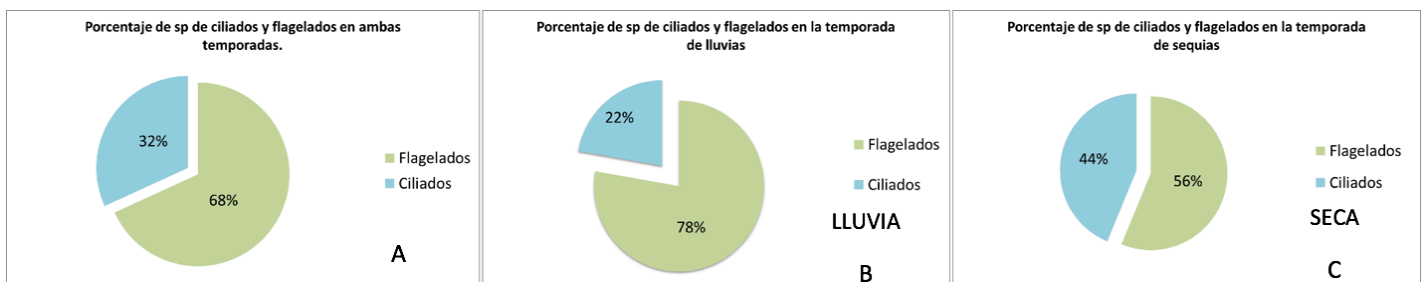


Figura 5 Porcentaje de la riqueza de ciliados y flagelados en los tres microambientes. A) Total de especies encontradas en ambas temporadas B) Porcentaje de sp de ciliados y flagelados en la temporada de humedad C) Porcentaje de especies de ciliados y flagelados

Prosopis laevigata

Las comunidades de ciliados y flagelados se distribuyeron a lo largo del gradiente de 0 a 50 centímetros de profundidad. En *P. laevigata* se observó un mayor número de especies de flagelados que de ciliados en la temporada húmeda (Tabla 2). En la temporada de lluvias, las especies de flagelados como *Bodo saltans* y *Bodo designis* fueron los más frecuentes, mientras que *Cercomonas sp.*, *Astasia sp.* y *Protaspis sp.* fueron especies poco frecuentes. En la temporada de sequía los ciliados del género *Plesiocaryon* y *Cyrtolophosis* así como los flagelados *Bodo designis* y *Astasia sp.* fueron los más frecuentes.

En la temporada de lluvia, la humedad fue mayor en la zona superficial de *P. laevigata* y disminuyó gradualmente en las zonas más profundas. Contrario a esto, en la temporada de sequía la mayor humedad está en la zona más profunda de la planta (figura 6).

En la zona de raíces de *P. laevigata* la dominancia del ciliado *Plesiocaryon elongatum* es notable en la temporada de sequías (T1). Sin embargo, en la temporada de lluvias (T2) su presencia es casi nula; el género *Bodo* es dominante en la temporada de lluvias, pero su presencia disminuye en la época seca. Las especies que están ausentes en la temporada de lluvias son: *Bodo saltans*, *Bodo caudatus*, *Bodo designis* y *Astasia sp.* (figura 7).

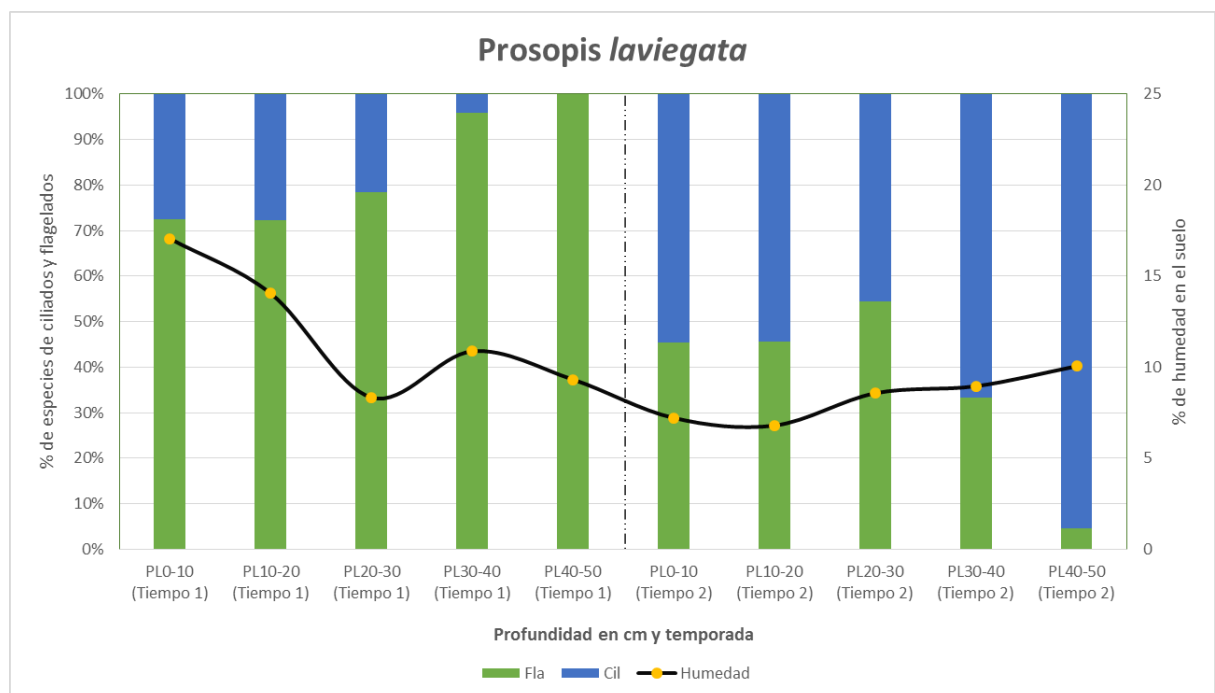


Ilustración 6 Porcentaje de ciliados y flagelados observados en *Prosopis laevigata* y porcentaje de humedad en sus distintas profundidades del suelo. Tiempo 1; Temporada de lluvias. Tiempo 2; Temporada de sequía

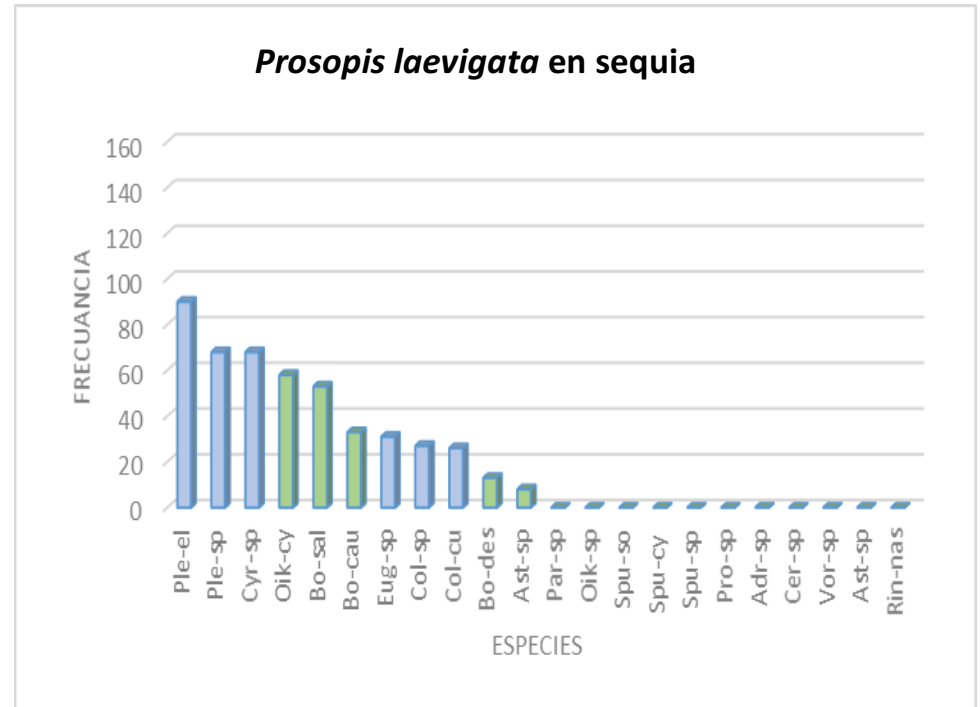
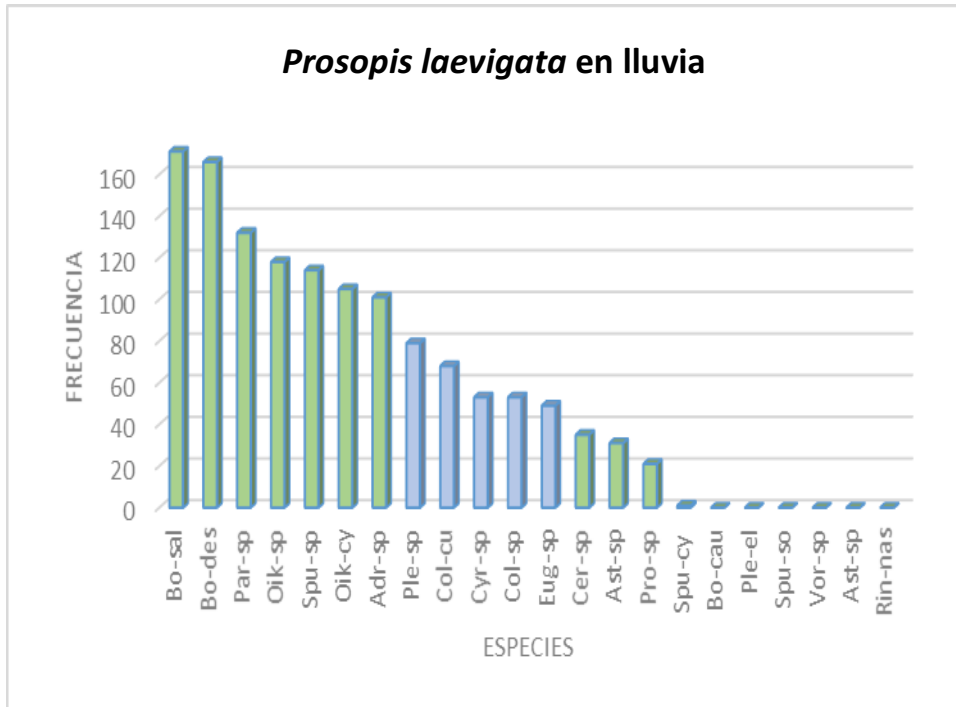


Figura 7: Frecuencia acumulada de especies de ciliados y flagelados en 180 observaciones de *Prosopis laevigata* (2 temporadas, 4 individuos, 5 profundidades, 9 submuestras por profundidad). Temporada de Humedad y Sequia. Barras Verdes - flagelados, Barras Azules – ciliados

Parkinsonia praecox

Los flagelados son más abundantes en *Parkinsonia praecox*, la presencia de estos microorganismos se encuentra a lo largo de todo el gradiente de profundidad y en ambas temporadas (figura 4). *Bodo caudatus* es el flagelado que se presenta más frecuentemente; mientras que especies como *Spumella cylindrica*, *Oikomona sp.* y *Astasia sp.* son poco frecuentes en la temporada húmeda. En la época de sequía *Bodocaudatus* se presenta con poca frecuencia al igual que *Rhynchomonas nasuta*; sin embargo *Bodo saltans* es más abundante que esta última (figura 9).

El porcentaje de humedad es mayor en la zona más cercana a la superficie y disminuye hacia la zona más profunda en la temporada de lluvias, mientras que en la temporada de sequía el porcentaje más bajo de humedad se encuentra en los primeros 10 cm de profundidad (figura 8).

La mayor riqueza de especies de ciliados se observó en la temporada de sequía, cabe mencionar que la única especie de ciliado encontrado tanto en la época de sequías y humedad es *Cytolophosis sp.* mientras que *Plesiocaryon sp.*, *Colpoda sp* y *Colpoda cucullans* son ciliados que se encontraron solo la época de humedad (figura 9).

La zona de *P. praecox* presentó mayor humedad que *P. laevigata* en la época de lluvia, pero menor porcentaje de humedad en la época de sequía. Con una mayor disponibilidad de agua la riqueza de especies de ciliados aumentó, mientras que esta riqueza de especies disminuyó en la temporada de sequía (figura 8).

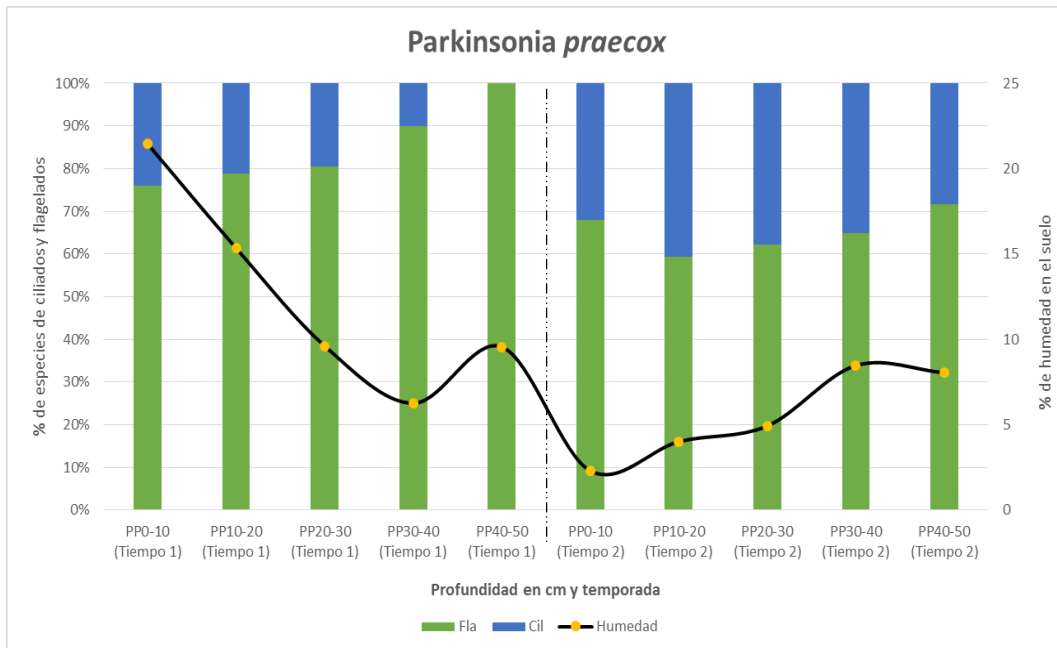


Figura 8: Porcentaje de ciliados y flagelados observados en *Parkinsonia praecox* y porcentaje de humedad en sus distintas profundidades del suelo. Tiempo 1; Temporada de lluvia. Tiempo 2; Temporada de sequía.

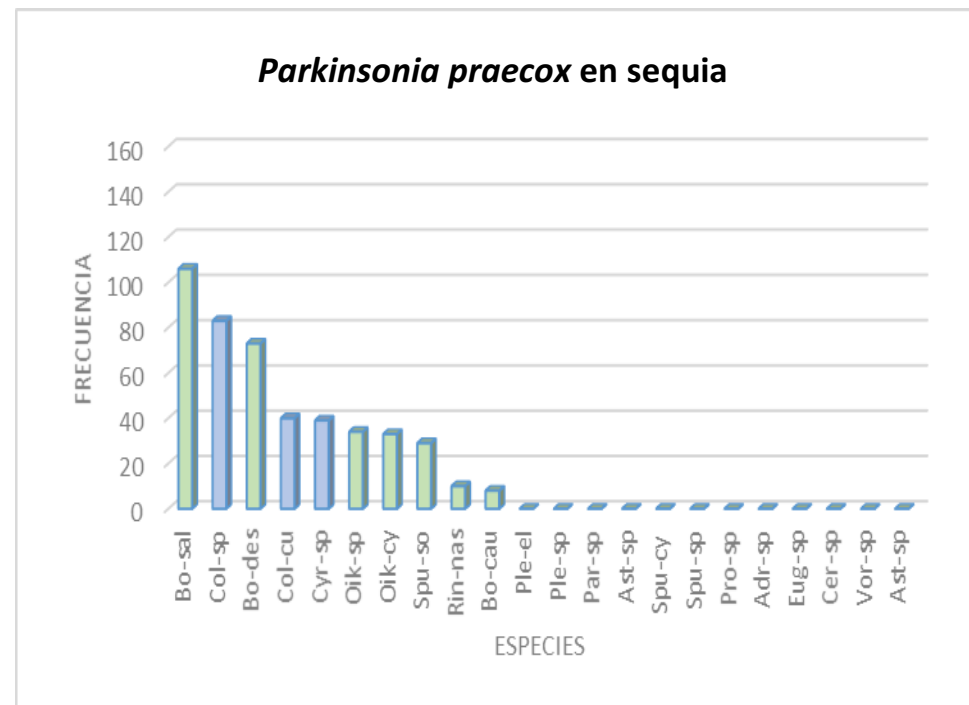
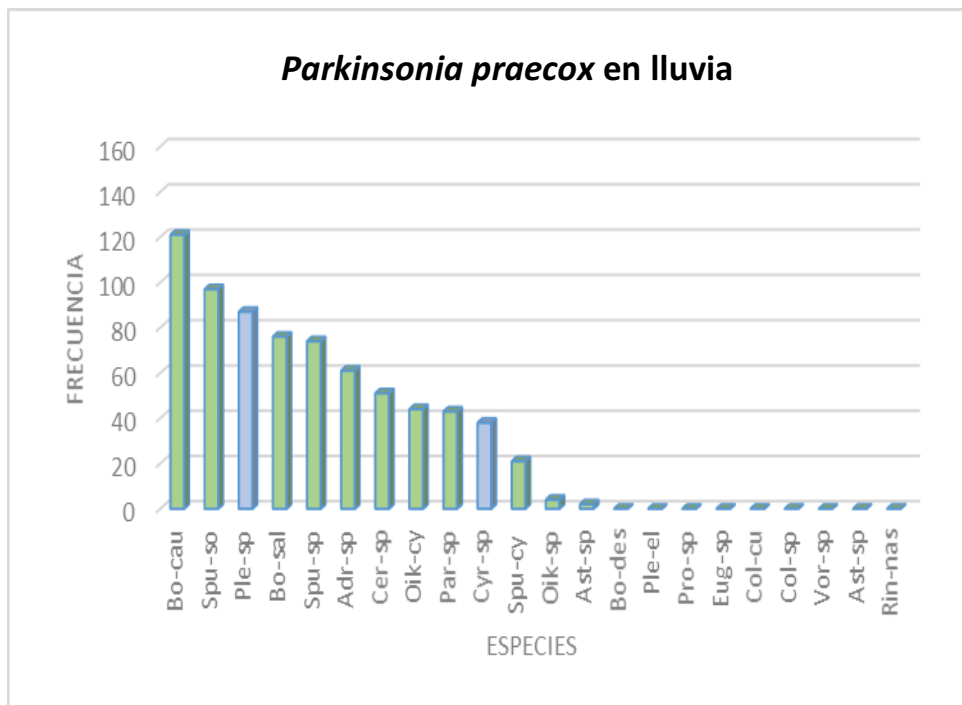


Figura 9: Frecuencia acumulada de especies de ciliados y flagelados en 180 observaciones de *Parkinsonia praecox* (2 temporadas, 4 individuos, 5 profundidades, 9 submuestras por profundidad). Temporada de lluvia y Sequia. Barras Verdes - flagelados, Barras Azules – ciliado

Suelo sin planta

El suelo sin planta presentó la menor riqueza de especies, sin embargo, esta riqueza de especies en la temporada de sequía fue mayor que en la época húmeda (figura 10). Se observó que *Vorticela sp.* fue dominante y *Astilozoon sp.* fue común para la temporada de sequía, cabe mencionar que estos dos ciliados fueron los únicos que estuvieron presentes en el suelo sin planta (figura 11).

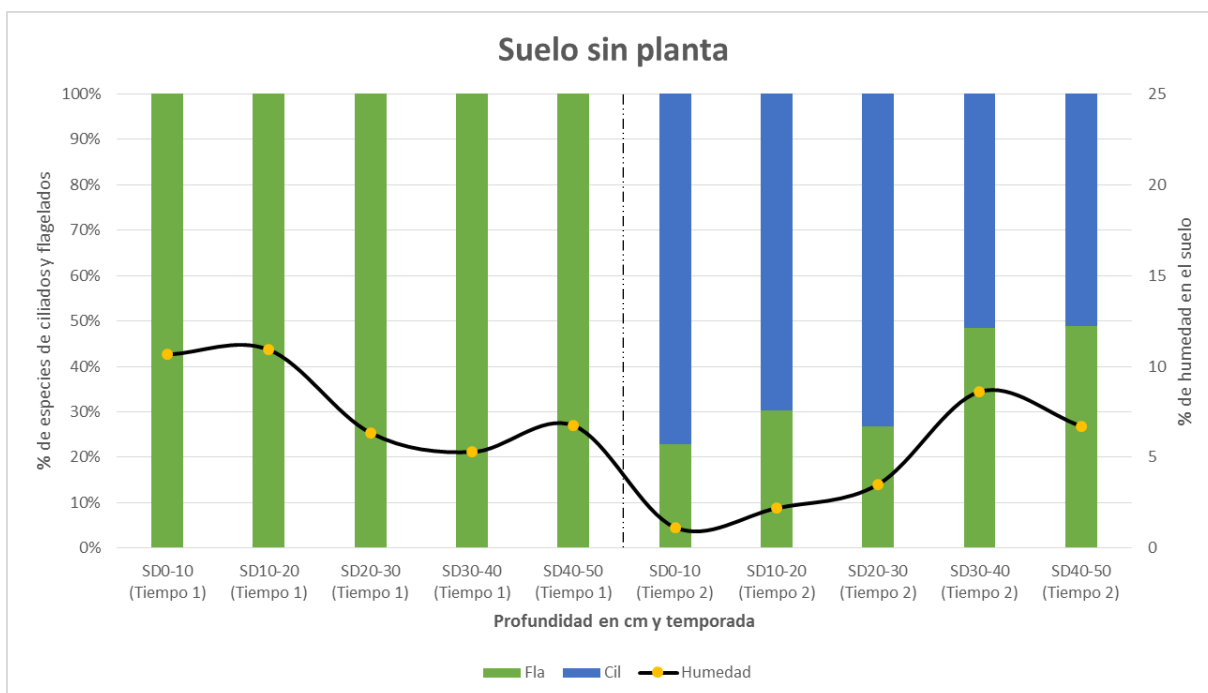


Figura 10: Porcentaje de ciliados y flagelados observados en suelo de inter espacio y porcentaje de humedad en sus distintas profundidades del suelo. Tiempo 1; Temporada de humedad. Tiempo 2; Temporada de sequía.

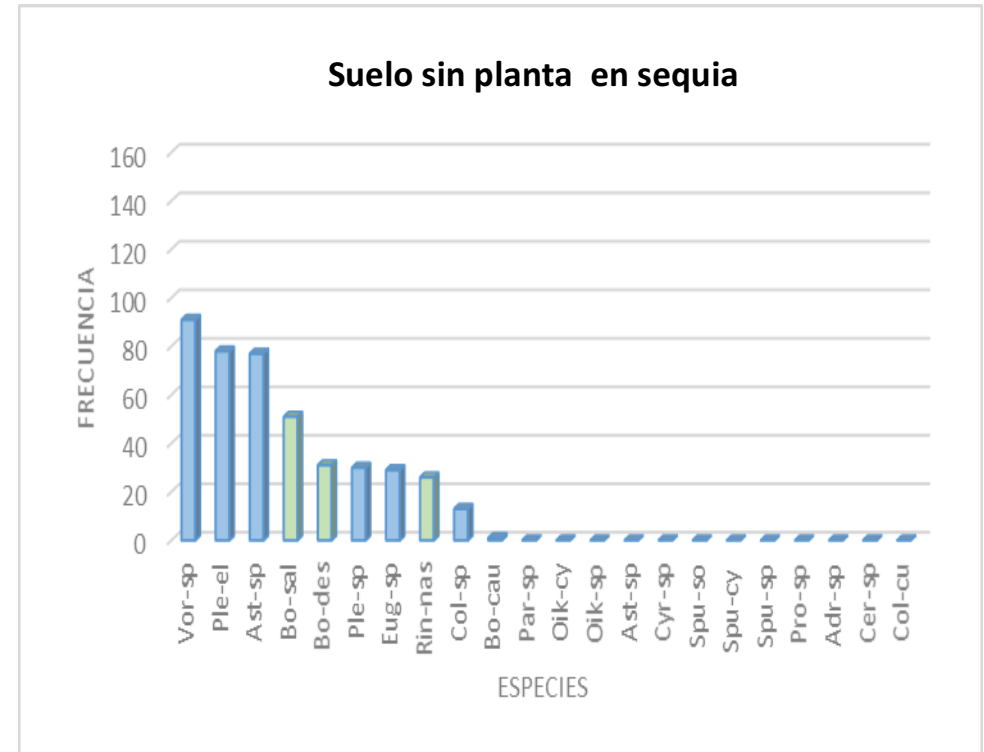
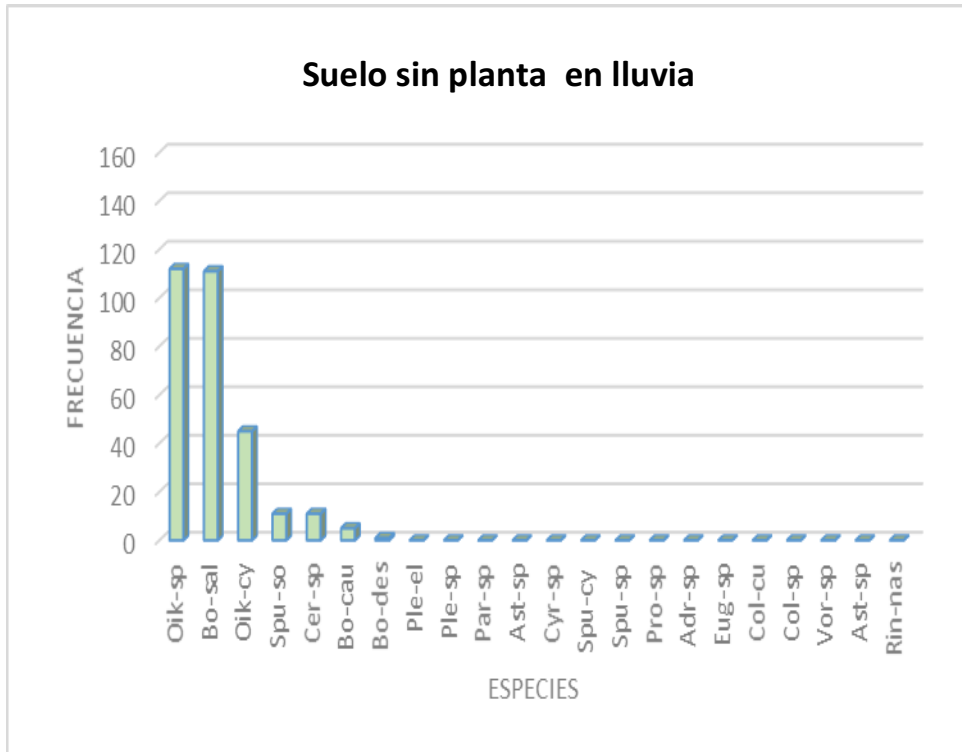


Figura 11: Frecuencia acumulada de especies de ciliados y flagelados en 180 observaciones de Suelo sin planta (2 temporadas, 4 individuos, 5 profundidades, 9 submuestras por profundidad). Temporada de Humedad y Sequia. Barras Verdes - flagelados, Barras Azules – ciliados.

Grupos tróficos

Las especies encontradas pertenecen a dos grupos tróficos (Patterson & Larsen, 1991): osmotrófico y bacteriótrófico predominando este último tanto en la temporada de sequías como en la temporada de lluvias. Así mismo, solo en *P. laevigata* se observaron las dos especies osmotróficas *Astasia sp.* y *Euglenopsis sp.*

Micro ambiente / Grupo trófico	Temporada húmeda	Temporada seca	
<i>Prosopis laevigata</i>	Bacterívoro	<i>Bodo designis</i> <i>Bodo saltans</i> <i>Oikomona mutabilis</i> <i>Oikomona sp.</i> <i>Spumella cylindrica</i> <i>Spumella sp.</i> <i>Paraphysomonas sp.</i> <i>Protaspis sp.</i> <i>Adriamonas sp.</i> <i>Cercomonas sp.</i> <i>Plesiocaryon sp.</i> <i>Cyrtolophosis sp.</i> <i>Colpoda cucullus</i> <i>Colpoda sp</i>	<i>Bodo designis</i> <i>Bodo caudatus</i> <i>Bodo saltans</i> <i>Oikomona sp.</i> <i>Plesiocaryon elongatum</i> <i>Plesiocaryon sp.</i> <i>Cyrtolophosis sp.</i> <i>Colpoda cucullus</i> <i>Colpoda sp.</i>
	Osmotrófico	<i>Astasia sp</i> <i>Euglenopsis sp</i>	<i>Astasia sp</i> <i>Euglenopsis sp</i>
<i>Parkinsonia praecox</i>	Bacterívoro	<i>Bodo caudatus</i> <i>Bodo saltans</i> <i>Spumella cylindrica</i> <i>Oikomona sp.</i> <i>Spumella sociales</i>	<i>Bodo designis</i> <i>Bodo caudatus</i> <i>Bodo saltans</i> <i>Colpoda cucullus</i> <i>Colpoda sp</i>

		<i>Spumella cylindrica</i> <i>Spumella sp.</i> <i>Paraphysomona sp.</i> <i>Adriamona sp.</i> <i>Cercomona sp.</i> <i>Plesiocaryon sp.</i> <i>Cyrtolophosis sp.</i> <i>Cyrtolophosis sp.</i>	<i>Oikomona mutabilis</i> <i>Oikomona sp.</i> <i>Spumella sociales</i> <i>Rhynchomonas nasuta</i>
	Osmotrófico	<i>Astasia sp</i>	
suelo sin planta	Bacteriotrófico	<i>Oikomona mutabilis</i> <i>Oikomona sp.</i> <i>Bodo designis</i> <i>Bodo caudatus</i> <i>Bodo saltans</i> <i>Spumella sociales</i> <i>Cercomona sp.</i>	<i>Vorticella sp</i> <i>Plesiocaryon elongatum</i> <i>Plesiocaryon sp.</i> <i>Astylozoon sp.</i> <i>Bodo designis</i> <i>Bodo saltans</i> <i>Rhynchomona nasuta</i> <i>Colpoda sp</i> <i>Bodo caudatus</i>
	Osmotrófico		<i>Euglenopsis sp.</i>

Tabla 3. Grupos tróficos en la temporada de húmedas y en la de sequía.

Similitud de riqueza de especies

Los protozoos de los microambientes de *P. laevigata* y *Parkinsonia praecox* forman grupos separados, los cuales comparten menos del 50% de las especies en la temporada de humedad. Esta diferencia es mayor en la temporada de sequía con solo el 15% de similitud (figura 12). Mientras que la comunidad de protozoos en *P. praecox* presente en la época seca se asemeja en más del 55% a la comunidad del suelo del inter espacio de la época húmeda.

En la temporada de sequía, las comunidades de protozoos se agruparon con una similitud de más del 80% dentro de un gradiente de 0-40cm en *P. laevigata* mientras que la comunidad de protozoos

de 40-50cm quedo excluida. Durante la temporada húmeda las profundidades se agruparon con 90% de similitud en sus primeros 30 cm y de los 30 hasta los 50cm compartieron más del 80% de las especies.

Las comunidades de protozoos en *Parkinsonia praecox* presentan mayor similitud en los primeros 20cm en la temporada húmeda. Mientras que en la época seca la mayor similitud se observó en los gradientes de 0-10cm y 30-40cm.

Haciendo el análisis de similitud por grupos separados de ciliados y flagelados, se observó que los flagelados son los que determinaron las agrupaciones en el análisis conjunto (figura 13). Es decir, las agrupaciones de los ciliados quedan enmascaradas en el análisis en conjunto. Cuando se analizan por separado, las agrupaciones son distintas (Figura 13 y 14).

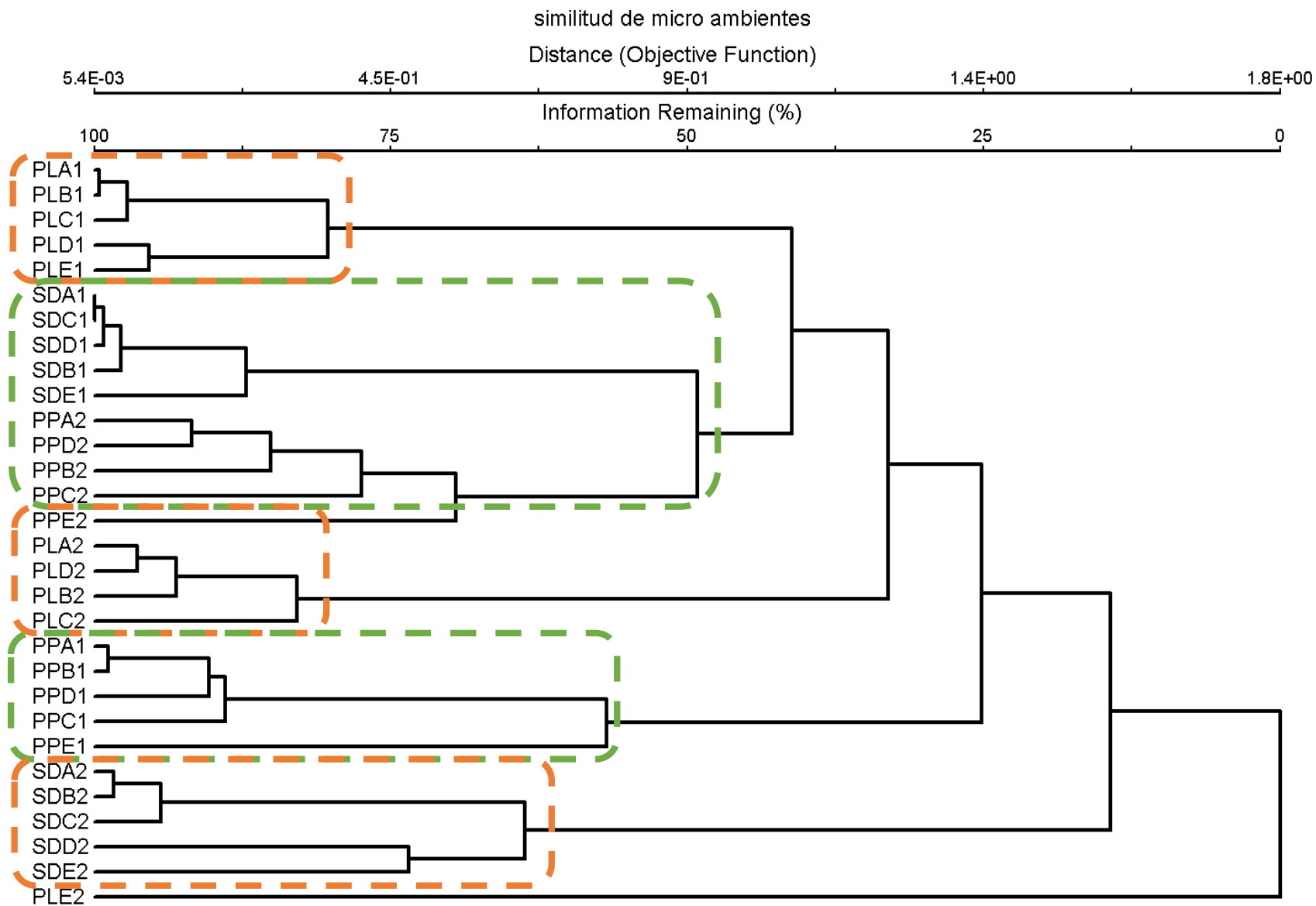


Figura 12: Dendrograma de similitud (Sørensen) en los tres microambientes *Prosopis laevigata* (PL), *Parkinsonia praecox* (PP) y suelo sin planta (SD), temporada húmeda (1) sequia (2) y el gradiente de profundidad en cm A (0-10), B(10-20),C(20-30), D(30-40) y E(40-50). Las líneas punteadas marcan agrupaciones.

En el análisis de similitud de los flagelados se observan 4 agrupaciones que separan a *P. laevigata* y *Parkinsonia praecox* en la temporada de humedad. Sin embargo, en la temporada seca *Parkinsonia praecox* tiene similitud con el suelo de inter espacio de la temporada de sequía y *P. laevigata* tiene similitud con el suelo de inter espacio de la temporada húmeda.

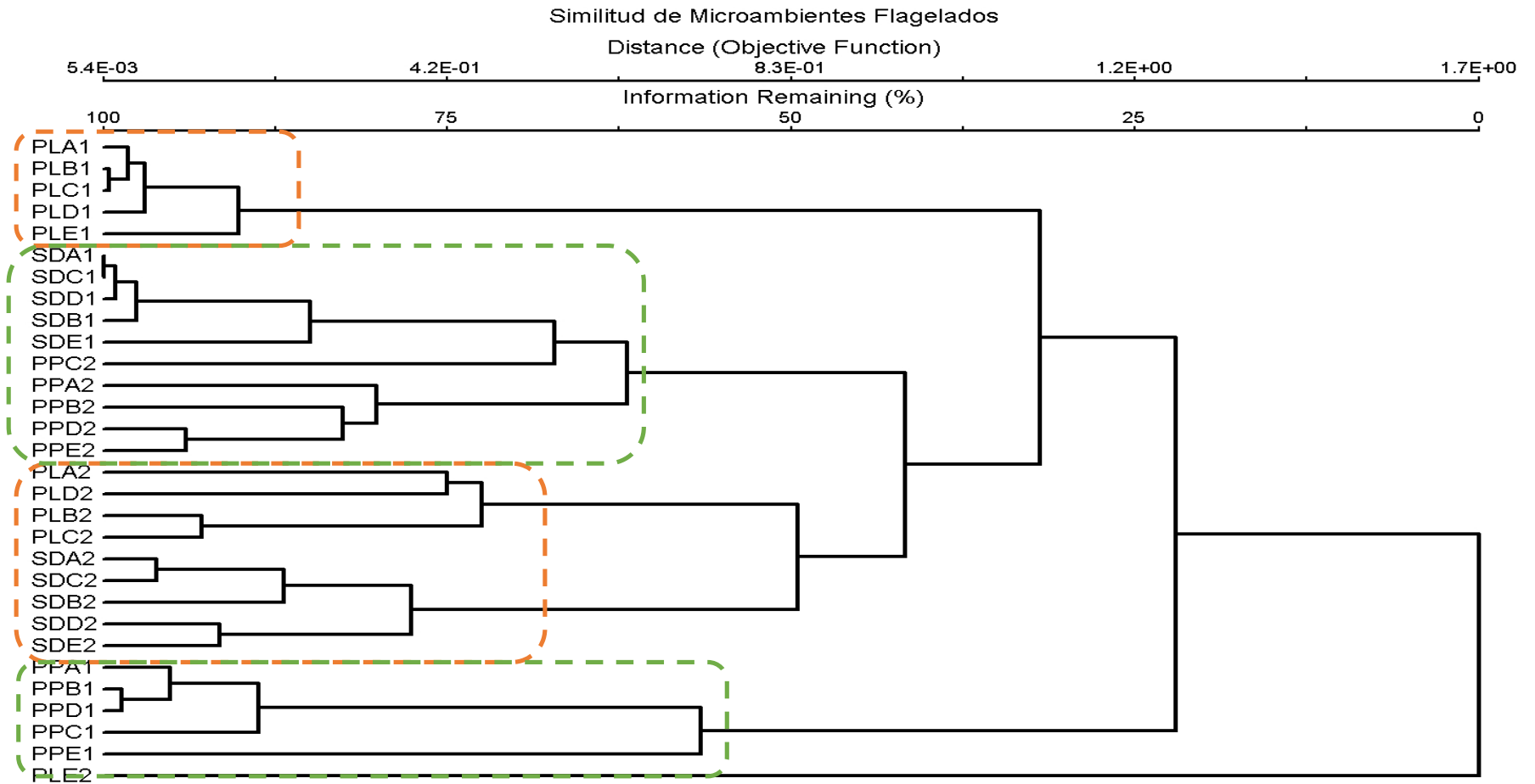


Figura 13: Dendrograma de similitud (Sørensen) para flagelados en los tres microambientes *Prosopis laevigata* (PL), *Parkinsonia praecox* (PP) y suelo sin planta (SD), temporada húmeda (1) sequia (2) y el gradiente de profundidad en cm A (0-10), B(10-20), C(20-30), D(30-40) y E(40-50). Las líneas punteadas marcan agrupaciones.

En el caso de los ciliados, existe agrupación con mayor relación entre las plantas que en los análisis de conjuntos o de flagelados, *P. laevigata* en la temporada húmeda tiene mayor similitud con *Parkinsonia praecox* de la temporada seca.

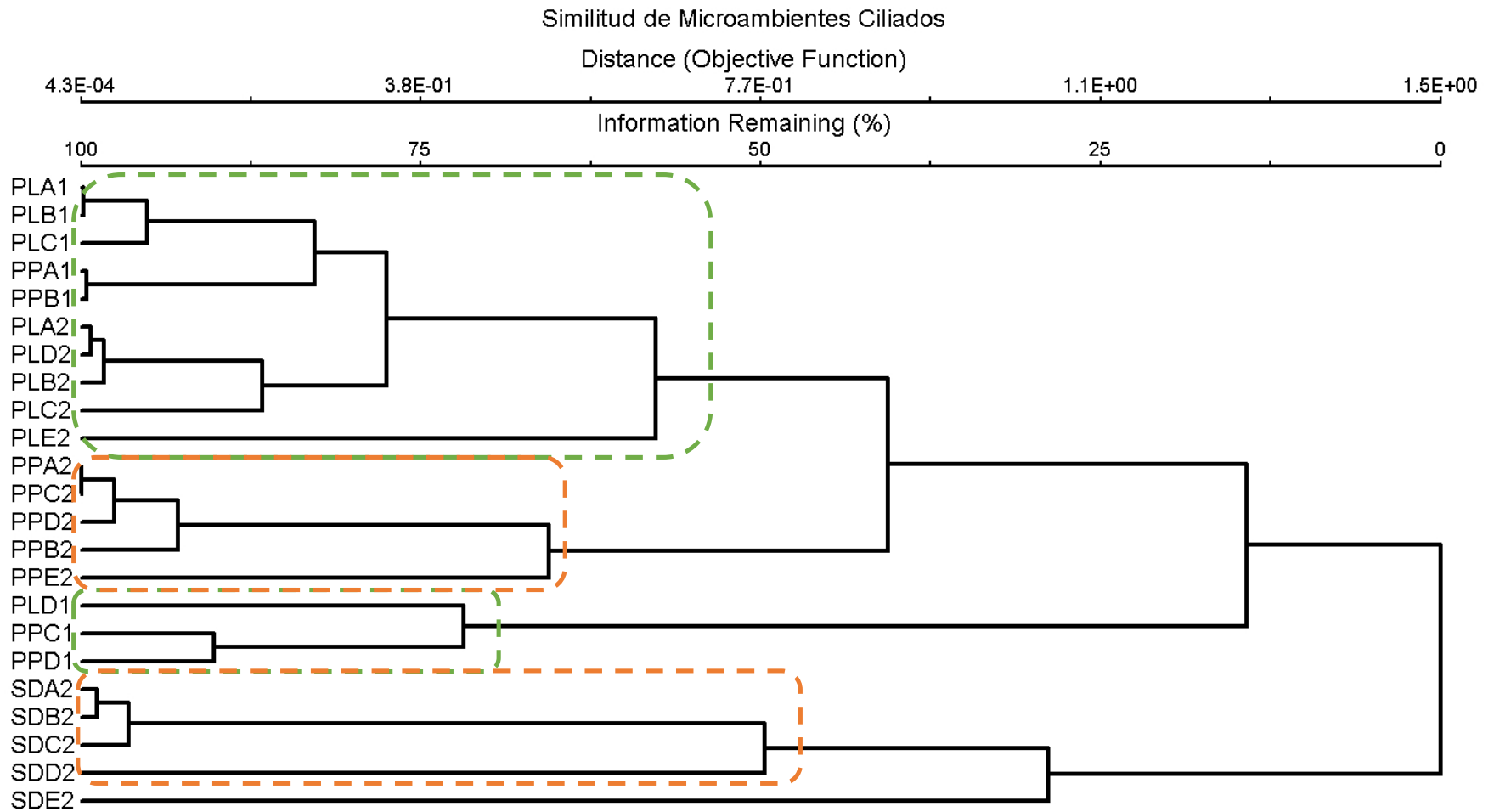


Figura 14: Dendrograma de similitud (Sørensen) para ciliados en los tres microambientes *Prosopis laevigata* (PL), *Parkinsonia praecox* (PP) y suelo sin planta (SD), temporada húmeda (1) sequía (2) y el gradiente de profundidad en cm A (0-10), B(10-20), C(20-30), D(30-40) y E(40-50). Las líneas punteadas marcan agrupación

Análisis de correlación canónica (CCA)

De acuerdo con el análisis de correlación canónica, la salinidad y Cc son los principales impulsores de la ocurrencia de especies, sin embargo esto solo explica cerca del 33% de la varianza observada (Figura 15). Esta correlación se realizó tomando en cuenta los datos obtenidos en las dos temporadas de muestreo y comparandolas con los factores físico químicos correspondientes.

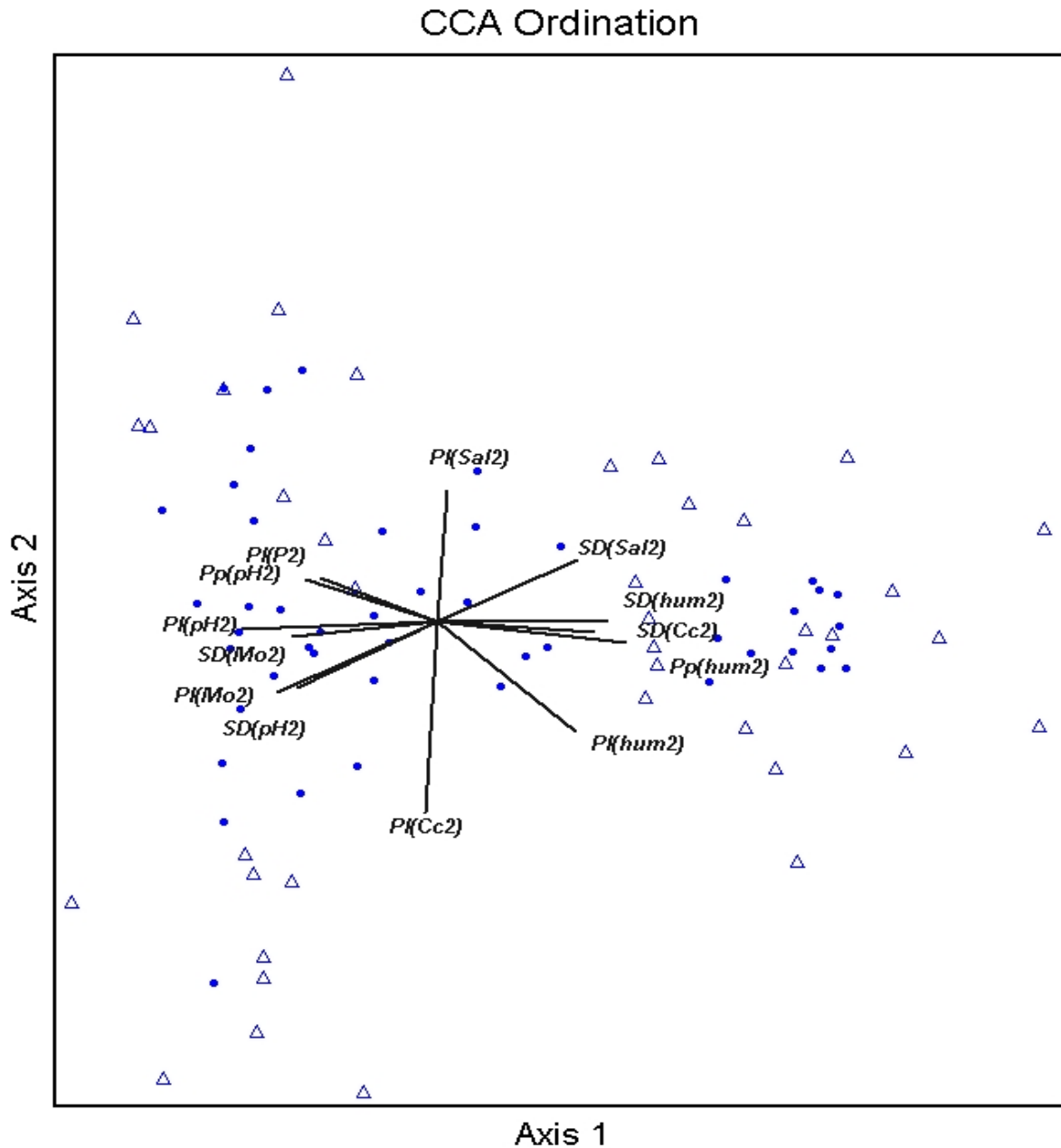


Figura 15: Análisis de Ordenación Canónica *Prosopis laevigata* (P), *Parkinsonia praecox* (Pp) y suelo sin planta (SD), temporada de lluvias (1) sequía (2). Mo: materia orgánica; P: ortofosfatos; Hum: humedad; Cc: capacidad de campo; Sal: salinidad; pH.

Discusión

Se esperaba que la riqueza de especies fuese mayor en los suelo bajo el dosel de *P. laevigata* y *P. praecox* de manera similar, lo cual no fue así, ya que el agua es un factor que influye en su distribución. Estas leguminosas fomentan el establecimiento de las comunidades de ciliados y flagelados de manera distinta, lo que puede deberse a las diferentes adaptaciones fisiológicas que estas plantas presentan en su zona de raíces (Caldwell & Richards, 1989).

Los flagelados presentan una mayor riqueza de especies bajo *P. laevigata* en la temporada de lluvia, mientras que, los ciliados tienen una mayor riqueza de especies en la temporada de sequía, esto posiblemente a que las bacterias de las cuales se alimentan los ciliados se ven favorecidas en estas condiciones. Así mismo, se esperaría que las condiciones en la época de lluvia favorecieran el crecimiento en el número de especies de ciliados por tener mayor disponibilidad de agua para desplazarse. Sin embargo el resultado de tener una mayor cantidad de flagelados en la época de lluvias puede deberse a una mayor abundancia de colonias bacterias que favorecen su alimentación y al mejor desplazamiento a lo largo de todo el gradiente de profundidad.

En época seca, la riqueza en el número de especies de ciliados aumento en primera instancia y probablemente a que la disponibilidad de humedad se mantuvo alrededor del 10% en todo el gradiente de profundidad favoreciendo la movilidad de los ciliados. Otro factor que contribuiría a la presencia de ciliados es probablemente por el incremento de colonias bacterianas preferentes para estos ciliados ya sea por su tamaño o disponibilidad. Existe un incremento de ciliados mayor a una profundidad principalmente de 30 a 50 cm (Figura 7), lo que hace referencia una actividad biológica mayor de la planta a esa profundidad. Se ha reportado que la actividad bacterívora de los protozoos en la rizosfera es altamente significativa y en respuesta a esto, las bacterias poseen múltiples estrategias de defensa para resistir o evadir la depredación por protozoos a través de adaptaciones tanto intracelular como extracelular; algunos mecanismos de evitación extracelulares incluyen cambios en su morfología celular, aumento en el tamaño, motilidad, formación de biofilm y la producción de compuestos bioactivos (Chunxu, et al 2015).

A lo largo del año *P. laevigata* obtiene la mayor cantidad de humedad por la absorción de agua subterránea, lo cual tiene que ver con que la actividad fisiológica de la planta se mantiene durante la sequía, no sucede lo mismo bajo el dosel de *P. praecox* (Pavon & Briones, 2001) enfatizan que la principal diferencia entre las dos leguminosas, es su patrón de producción de hojas. *Prosopis laevigata* exhibe un periodo marcado por la producción de hojas a lo largo del año. Por otro lado, *Parkinsonia praecox* tira completamente sus hojas durante la temporada de sequía. Esto refiere que la actividad biológica de *P. praecox* disminuye considerablemente en la época de sequía y así mismo la retención de agua es menor, teniendo niveles de humedad por debajo del 3% en las zonas más superficiales y hasta 7% en la zona más profundas (figura 7).

Los flagelados mostraron una mayor riqueza de especies y una mayor frecuencia de aparición en todo el gradiente del suelo bajo *P. praecox* en las dos temporadas de muestreo. Mientras tanto los ciliados estuvieron presentes principalmente en los primeros 30 cm de profundidad solo en la temporada de lluvias, esto muy probablemente porque las condiciones de humedad favorecieron la multiplicación de bacterias preferentes para los ciliados en las zonas más cercanas a la superficie. Así, la disminución en la actividad biológica de *P. praecox* se ve disminuida en la época de sequía. Las interacciones entre microorganismos del suelo y las raíces de las plantas satisfacen requerimientos nutritivos básicos para la planta y para las comunidades asociadas a ella (Atlas & Bartha, 2006).

El suelo sin planta, presentó una disminución de frecuencia de aparición de las comunidades de microorganismos, solo especies de flagelados estuvieron presentes en una época húmeda, esto puede deberse a que las especies del genero Oikomonas, Bodo, Cercomonas y Spumella tienen la capacidad de mantener sus poblaciones en los sitios donde no existe cobertura vegetal en la superficie. Muchas especies de protozoos carecen de protección a condiciones de poca agua y dependen de un suministro abundante de humedad durante las etapas activas de la alimentación y el crecimiento (Anderson & Griffin, 2001). Sin embargo, durante la época húmeda, en estos suelos existen raíces de otras plantas como cactáceas, que tiene raíces someras, abarcan gran parte del suelo que no tiene cobertura vegetal. Además, los pulsos de actividad biológica se dan en periodos cortos de tiempo en presencia de humedad.

En la época seca se esperaría una disminución aun mayor de las comunidades de protozoos, pero los ciliados se presentaron con mayor frecuencia en los primeros 30 cm, lo cual resalta la importancia de los sistemas de raíces de otras plantas y el favorecimiento para las colonias bacterianas que permitan sostener a este grupo (Lesschen, et al, 2009). Su distribución en todo el gradiente hace notar que la condicional de humedad temporal no es la única limitante en el establecimiento de las comunidades ya que también se debe tomar en cuenta la cantidad de alimento disponible. Especies como *Astylozoon* sp., *Plesiocaryon elongatum* y *Vorticela* sp son ciliados de gran tamaño y con una gran capacidad de motilidad, su presencia en estos sistemas podría explicarse gracias a que plantas como *Prosopis laevigata* proveen de humedad en la zona de inter espacio mediante sus raíces en un proceso conocido como levantamiento hídrico (Thorburn, et al, 1995). Este proceso consiste en absorber agua de la zona freática y depositarla en la zona de las raíces superficiales (Pavon & Briones, 2001), lo que permite que haya suficiente agua en el suelo para los protozoos. Bamforth, (1995) sugirió que la ocurrencia de muchas especies de ciliados probablemente refleja la heterogeneidad espacial y temporal de la naturaleza estocástica de los ecosistemas del suelo e implica nichos ampliamente superpuestos de ciliados.

La distribución de las comunidades de ciliados y flagelados respondió a condiciones específicas para cada grupo, no solo entre las dos plantas sino también a lo largo del gradiente de profundidad. En sí misma, la actividad biológica de las comunidades de ciliados y flagelados es diferente bajo el dosel de las dos plantas y esto en gran parte se debe a la fisiología de las mismas y los diferentes microambientes que generan (Ruiz, et al, 2008). Lo cual se hace evidente en el análisis de similitud que muestra una agrupación por micro ambiente (Fig. 11).

Las comunidades de ciliados y flagelados son bacterívoros en su mayoría, sin embargo especies como *Astasia* sp y *Euglenopsis* sp. son osmotrofos, pero solo se observaron en *Prosopis laevigata* en ambas temporadas, esto nos podría indicar que bajo esta planta tienen condiciones ideales para su establecimiento y permanencia.

El análisis de los diferentes microambientes que agrupó a las comunidades de ciliados y flagelados en forma separada (figura 13 y 14) indica que la comunidad de flagelados es estable ante la variación temporal, mientras que la comunidad de ciliados puede ser un indicador más susceptible a los cambios ambientales drásticos y por ello, a las perturbaciones en los diferentes microambientes (Ruiz,et al, 2008).

P. laevigata y *P. praecox* modifican las propiedades fisicoquímicas del suelo bajo ellos en comparación con el suelo sin planta, principalmente en los primeros 10 cm de profundidad, que las temperaturas más bajas registradas se dan principalmente en *P. laevigata* (Serrano, 2013), la temperatura podría ser un factor de influencia en la presencia de las comunidades de ciliados y flagelados, sin embargo no fue considerado para este estudio por no contar con los datos a las diferentes profundidades. Así mismo, los factores fisicoquímicos no mostraron una variación significativa en cuanto a su relación con la comunidad de ciliados y flagelados (figura 15). Sin embargo, esta comunidad tienen condiciones favorables en los suelos con mayor capacidad de campo, esto por la retención de agua que pueden sostener las mismas. Bajo *Prosopis laevigata* se dan mejores condiciones de humedad, lo que explica el 33% de la varianza. El 67% restante puede deberse a factores que no fueron considerados en este estudio y que para trabajos posteriores podría ayudar en la identificación de factores que afectan o favorecen el establecimiento de las comunidades de ciliados y flagelados.

Conclusión

La disponibilidad de agua en *P. laevigata* y *P. praecox* si es un factor que afecta a la distribución de la comunidad de ciliados y flagelados especialmente en *P. praecox* al verse disminuida la riqueza de especies. Sin embargo la disponibilidad de agua no es exclusivo de la época de lluvias o sequía, la influencia que tiene *P. laevigata* es evidente, al estar fisiológicamente activa durante todo el año. Las comunidades de ciliados y flagelados se distribuyen a largo de todo el gradiente de profundidad, encontrando diferencias en cuanto a la riqueza de especies y las condiciones estacionales. A pesar de que las comunidades en el suelo a mayor profundidad son diferentes que las de la superficie, llegamos a la conclusión de que *P. laevigata* representaría una mejor "isla" de protozoos del suelo que *Parkinsonia praecox*. Analizando los grupos tróficos nos damos cuenta de la dependencia simbiótica asociada a las comunidades bacterianas y su constante necesidad hídrica. Así mismo, investigaciones futuras en la identificación de estas comunidades bacterianas y el estudio de otros factores fisicoquímicos podría apoyar en la generación de indicadores mas específicos y susceptibles a los cambios ambientales que afecten en la desertificación de los suelos. Como el agua cada vez se hace más escasa, este estudio podría ser de utilidad para la mitigación de los efectos del cambio climático en estos suelos áridos promoviendo la reintroducción de este tipo de leguminosas.

Bibliografía

- Anderson, O. R., & Griffin, K. L. (2001). Abundances of protozoa in soil of laboratory-grown wheat plants cultivated under low and high atmospheric CO₂ concentrations. *Protistology*, 76-84.
- Arias Toledo, M. T. (2001). *Las Plantas de la región de Zapotitlán Salinas, Puebla*. México: UNAM.
- Arias, T. M. (2001). *Las Plantas de la región de Zapotitlán Salinas, Puebla*. México: UNAM.
- Armas, C., Padilla, F., Pugnaire, F., & Jackson, R. (2010). Hydraulic lift and tolerance to salinity of semiarid species: consequences for species interactions. *Oecologia*, 162:11–21.
- Atlas, R., & Bartha, R. (2006). *Ecología microbiana y microbiología ambiental*. Madrid, España: Pearson.
- Bamforth, S. (1995). Interpreting soil ciliate biodiversity. *Plant Soil*, 159-164.
- Bardgett, R. D. (2005). *The biology of soil, A Community and Ecosystem Approach*. Oxford University Press. New York.
- Barness, G., Zaragoza-Rodriguez, S., Shmueli, I., & Steinberger, Y. (2008). Vertical Distribution of a Soil Microbial Community as Affected by Plant Ecophysiological Adaptation in a Desert System. *SOIL MICROBIOLOGY*, 57:36–49.
- Caldwell, M., & Richards, J. (1989). Hydraulic lift: water efflux from upper roots improves effectiveness of water uptake by deep roots. *Oecologia*, 79:1–5.
- Carrillo, A., Koch, M., & Hapla, G. (2008). Wood anatomical characteristics and chemical composition of *Prosopis laevigata* grown in the northeast of México. *IAWA Journal*, 29 (1):25-34.
- Cervantes, R. (2002). Plantas de importancia económica en las zonas áridas de México. 152-153.
- Cervantes, R. M. (2002). Plantas de importancia económica en las zonas áridas de México. En *Instituto de Geografía* (pág. 152). México DF: UNAM.
- Chunxu, S., Mark, M., Xu, C., Janina, O., Theodore, A., Pieter, D., . . . Jos, M. R. (2015). Molecular and chemical dialogues in bacteria-protozoa interactions. *Scientific Reports*, 1-13.
- David S., P., Penny R., H., & Brookes, P. C. (2001). The role of soil microorganisms in soil organic matter conservation in the tropics. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 41-51.
- Dávila, P. V.-K. (1993). *Listados florísticos de México. X. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán*. México: Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Foissner, W. (1999). Soil protozoa as bioindicators: pros and cons, methods, diversity, representative examples. *Agriculture and Environment*, 74:95-112.
- García, M. C. (2003). *Análisis fitoquímico y actividad insecticida de *Cercidium Praecox**. México: Tesis de Biología experimental, UAM.

- González, L. 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 río salado, Zapotitlán de las Salinas, Puebla*. México: Tesis UNAM.
- González, M. F. (2012). *Las zonas áridas y semiáridas de México y su vegetación*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).
- Hao, G., Jones, T., Luton, C., Zhang, Y., Manzano, E., Scholz, F., . . . Goldstein, G. (2009). Hydraulic redistribution in dwarf Rhizophora mangrove trees driven by interstitial soil water salinity gradients: impacts on hydraulic architecture and gas exchange. . *Tree Physiol.*, 29:697–705.
- James, M. L., & Leij, L. F. (2012). Rhizosphere. *ENCYCLOPEDIA OF LIFE SCIENCE*, 1-8.
- Jiayin, P., Yanmei, W., Hans, L., Mark, T., Kadambot, H. M., Siddiquec, & Megan, H. R. (2013). Commensalism in an agroecosystem: hydraulic redistribution by deep-rooted legumes improves survival of a droughted shallow-rooted legume companion. *Physiologia Plantarum* , 149: 79–90.
- Kurz-Besson, C., Otieno, D. d., Siegwolf, R., Schmidt, M., Herd, A., Nogueira, C., . . . JS, T. J. (2006). Hydraulic lift in cork oak trees in a savanna-type Mediterranean ecosystem and its contribution to the local water balance. . *Plant Soil*, 282:361–378.
- Lee, J. J., Seymour, H. H., & Eugene, C. B. (2010). *An Illustrated guide to the protozoa*. The University of Michigan: Society of Protozoologists.
- Lesschen, J., Schoorl, J., & Cammeraat, L. (2009). Modelling runoff and erosion for a semi-arid catchment using a multi-scale approach based on hydrological connectivity. *Geomorphology*, 174-183.
- López, G. S. (2003.). *Análisis integral de la toposecuencia y su influencia y su influencia en la distribución de la vegetación y la degradación del suelo en la sub cuenca de Zapotitlán Salinas, Puebla*. (Vol. LVI). México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana.
- Mondragón-Camarillo, L. (2007). Efecto del combustóleo sobre la comunidad de ciliados y flagelados de un suelo de cultivo en Jalacingo, Ver. México: UNAM, FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTCALA.
- Mondragon-Camarillo, L. (2011). *Estructura trófica de la comunidad de ciliados y flagelados en un suelo de cultivo contaminado con combustóleo de jalacingo, Veracruz*. México, DF: UNAM-Posgrado en Ciencias Biológicas .
- Monroy, A. A. (1992). *Organización de los Sistemas Ecológicos: el caso de zonas áridas. Tópicos de Investigación y Posgrado*. México: UNAM ENEP-Zaragoza.
- Patterson, D. (1996). *Free-Living Freshwater Protzoa*. Sydney: University of New south Wales Press Ltd.
- Patterson, J. D., & Larsen, J. (1991). *The Biology of Free-living Heterotrophic Flagellates* (Vol. 45). Oxford: The systematics association special.

- Pavon, N., & Briones, O. (2001). Phenological patterns of nine perennial plants in an intertropical semi-arid Mexican scrub. *Journal Arid Environ*, 49:265-277. Obtenido de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140196300907869>
- Pen-Mouratov, S., Rakhimbaev, M., & Steinberger, Y. (2003). Seasonal and spatial variation in nematode communities in a negev desert ecosystem. *J Nematol*, 35: 157-166.
- Querejeta, J., Egerton-Warburton, L., Prieto, I., Vargas, R., & F. Allen, M. (2012). Changes in soil hyphal abundance and viability can alter the patterns of hydraulic redistribution by plant roots. *Plant Soil*, 355:63–73.
- Richards, J., & Caldwell, M. (1987). Hydraulic lift: substantial nocturnal water transport between soil layers by *Artemisia tridentata* roots. . *Oecologia*, 73:486–489.
- Richardson, A., MacNeill, J. M., & Prigent-Combaret, P. (2009). Acquisition of phosphorus and nitrogen in the rhizosphere and plant growth promotion by microorganism. *Plant Soil*, 17: 719-728.
- Rodriguez-Zaragoza, S. E. (2005). Vertical Distribution of the Free-Living Amoeba Population in Soil under Desert Shrubs in the Negev Desert, Israel. *Appl. Environ. Microbiol.*, 71 (4): 2053-2060.
- Rodríguez-Zaragoza, S., Teresa, G.-R., Ernestina, G.-L., Abraham, L.-R., Einav, M.-G., & Yosef, S. (2008). Vertical distribution of microbial communities under the canopy of two legume bushes in the Tehuacán Desert, Mexico. *European journal of soil biology*, 373 – 380.
- Ruiz, T., Rodriguez-Zaragoza, S., & Cerrato, R. (2008). Fertility islands around *Prosopis laevigata* and *Pachycereus hollianus* in the drylands of Zapotitlán Salinas, México. *Journal of Arid Environments*, 1202–1212.
- Rzedowski, J. (1996). *Insuficiente el número de zonas áridas protegidas*. México: Ocelotl.
- Scholz, F., Bucci, S., Goldstein, G., Moreira, M., Meinzer, F., Domec, J., . . . Miralles-Wilhelm, F. (2008). Biophysical and life-history determinants of hydraulic lift in Neotropical savanna trees. *Funct. Ecol.*, 22:773–786.
- Serrano, A. V. (2013). *Análisis Molecular de la diversidad de bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre de la zona de raíces de Prosopis laevigata y Parkinsonia praecox en el valle de zapotitlán de las salinas , Puebla*. México, DF: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Smart, D., Carlisle, E., Goebel, M., & Nuñez, B. (2005). Transverse hydraulic redistribution by a grapevine. *Plant Cell Environ*, 28:157–166.
- Stanislav, P.-M., Salvador, R.-Z., & Steinberger, Y. (2008). The effect of *Cercidium praecox* and *Prosopis laevigata* on vertical distribution of soil free-living nematode communities in the Tehuacán Desert, Mexico. *Ecology Research*.
- Stefan, G. (2014). *Soil Protists Diversity, Distribution and Ecological Functioning*. Köln: Universität zu Köln.

Thorburn, P. J., Walker, G. R., & Jolly, a. I. (1995). Uptake of saline groundwater by plants: An analytical model for semi-arid and arid areas. *Plant and Soil*, 175 : 1-11.

Vásquez, M. R., Ventura, R. R., Oleschko, E., Hernández, S. L., & Nearing, M. A. (2010). Soil erosion and runoff in different vegetations patches from semiarid Central Mexico. *Catena*, 80:162-169.