

47



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

"CANTIDAD DE BACTERIAS Y PROTOZOARIOS EN ISLAS DE RECURSOS DE UN SUELO CONSERVADO Y UNO DEGRADADO EN ZAPOTITLAN DE LAS SALINAS, PUEBLA"

T E S I S

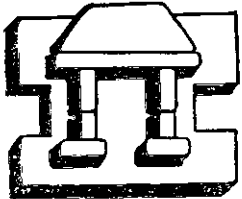
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A :

LUZ MARIA GARCIA PEREZ

ASESOR: DR. SALVADOR RODRIGUEZ-ZARAGOZA



IZTACALA

LOS REYES IZTACALA, ESTADO DE MEXICO

SEPTIEMBRE DEL 2001



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.

Dedicatoria

*A mi familia
(A mis papás, Roberto y Antonia
A mi hermana Nancy,
A mi cuñado, Mariano
a mi sobrino Roberto Arael
y a los que vendrán),
los amo.*

Al maestro Salvador, uno de los hombres mas capaces que he conocido.

A mis amigas y amigos, por nuestro éxito.

*Y sobre, todo a mi
hoy me siento orgullosa de este esfuerzo.*

Agradecimientos

A mis padres, Roberto y Antonia, una extraña combinación que forjó mi carácter y me enseñó a disfrutar las cosas buenas de la vida.

A Nancy y Mariano, porque al igual que mis papás siempre me apoyaron aun sin entender mis decisiones.

Al maestro Salvador, por iniciarme en el arte de la investigación..

A mis amigas, Evangelina, Llarai, Oralia y Xóchitl ,el mejor apoyo cuando se esta en dificultades

A Alfredo, quizás sin ti este trabajo no estaría aquí, gracias por tu apoyo, por ser mi amigo.

A mis compañeros del laboratorio de Microbiología, Israel, Alejandro e Irma, ojála cosechen lo que han sembrado, se lo merecen.

A los chicos (Álvaro, Julio y Normand), por escuchar mis quejas y frustraciones.

Al maestro Ramón, me dio el empujón que me hacia falta.

Al maestro Carlos, por alentarme cuando lo necesite.

A toda la gente que de algún modo u otro ha ayudado a dibujar el camino.

A PROBETEL, que financió la segunda etapa en la elaboración de este trabajo.

INDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
	1.1 Bacterias y actinomicetos.....	2
	1.2 Protozoarios.....	3
II.	ANTECEDENTES.....	6
III.	JUSTIFICACIÓN.....	8
IV.	HIPÓTESIS.....	8
V.	OBJETIVO GENERAL.....	9
VI.	OBJETIVOS PARTICULARES.....	9
VII.	METAS.....	9
VIII	MATERIAL Y METODOS.....	10
	8.1 DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO.....	10
	8.2 ZONA DE MUESTREO.....	11
	8.3 DISEÑO DE CAMPO.....	11
	8.4 METODOLOGIA.....	12
	8.4.1 Procesamiento de las muestras.....	12
	8.4.2 Parámetros a evaluar.....	12
	8.4.3 Evaluaciones biológicas.....	13
IX.	PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO.....	14
X.	RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	15

10.1	Características físicas y niveles de nutrimentos.....	15
10.1.1	Descripción general.....	15
10.1.2	Características físicas.....	16
10.1.3	Niveles de nutrimentos.....	19
10.2	Características biológicas.....	25
10.2.1	Número de actinomicetos y bacterias totales.....	25
10.2.2	Número de protozoarios.....	29
10.2.3	Correlación del número de actinomicetos, bacterias, estrategias r y k y protozoarios.....	38
10.2.4	Especies de ciliados encontrados durante el estudio.....	42
10.3	Análisis multivariado.....	56
XI.	DISCUSIÓN.....	48
14.1	Islas de Recursos vs. Suelo Desnudo.....	48
14.2	Zona Conservada vs. Zona Degradada.....	52
14.3	Correlación del número de actinomicetos, bacterias, estrategias r y k y protozoarios.....	54
14.4	Riqueza de especies de ciliados.....	55
14.5	Análisis multivariado.....	56
XII.	CONCLUSIONES.....	57
XIII.	PERSPECTIVAS.....	58
	BIBLIOGRAFÍA.....	59
ANEXOS	I.....	63
	II.....	65
	III.....	67
	IV.....	71

I. INTRODUCCIÓN

La importancia del suelo es indiscutible, como base para el desarrollo de las plantas y como intermediario en los ciclos biogeoquímicos, procesos fundamentales para el mantenimiento de los ecosistemas terrestres. Lamentablemente el impacto humano y los cambios ambientales amenazan su calidad (Albaladejo, et. al., 1998) llevando, eventualmente, a la degradación de este recurso, lo que trae como consecuencia el decrecimiento en la disponibilidad de bienes y servicios que provee el ecosistema al ser humano (Landa et. al., 1997).

Este subsistema está, íntimamente asociado con la vegetación que crece sobre él, pues ésta es su principal fuente de materia orgánica, además de los residuos animales que, en menor proporción, también contribuyen a enriquecer esta fracción del suelo (Steinberger, 1991) y este, a su vez, provee los nutrientes necesarios para el adecuado desarrollo de las plantas.

Las zonas áridas son sistemas regulados por agua, que en este ecosistema es variable e impredecible (Skujins, 1991); su concentración y disponibilidad varía a través del tiempo y el espacio por lo que las plantas han desarrollado distintos mecanismos para aprovechar al máximo la escasa disponibilidad de agua. Son muy activas en época de lluvias y entran en estado de reposo cuando la humedad es baja. Por tanto la producción de biomasa esta limitada, en primer lugar, por la escasez de agua, pero también por la disponibilidad de nutrientes para la planta (Kinsbursky, et. al., 1990); en este ámbito, se ha considerado el papel autógeno potencial del arbusto y su efecto sobre el ecosistema, que conduce a la formación de islas de recursos. El ciclo de nutrientes está confinado a la zona de acumulación de hojarasca, bajo los arbustos, mientras los espacios desnudos entre estos pierden nutrientes (Reynolds, et. al., 1999), por lo que la biota del suelo se encuentra en agregados ó parches (Steinberger, 1995) alrededor, que tienen como centro la actividad de estas plantas. Además de los nutrimentos, el dosel de la vegetación, provee un microclima que puede controlar otros procesos biológicos que suceden en el suelo, como la germinación, el establecimiento de plantas y la dinámica de poblaciones de insectos. Esta zona también gobierna los procesos hidrológicos de congelamiento, infiltración, corrientes y erosión (Flerchinger y Pierson, 1997).

Además de los nutrientes, los organismos que viven en el suelo dependen, para su desarrollo, de las características físicas del suelo, tales como la textura, porosidad y compactación, que se refieren al tamaño de las partículas y los espacios que se encuentran entre estos.

Por ello, el suelo es una mezcla heterogénea, en la que podemos distinguir cuatro componentes, partículas minerales, materia orgánica, espacio poroso (ocupados por agua o aire) y seres vivos lo que produce una gran complejidad en el sistema (Darbyshire y Smith, com. pers.), debido a las múltiples interacciones entre los distintos grupos y el ambiente que los rodea.

A continuación se describen los diferentes grupos de microorganismos que habitan en el suelo.

1.1 BACTERIAS Y ACTINOMICETOS

Son los organismos más abundantes con una alta diversidad y adaptaciones a casi cualquier ambiente. Las adaptaciones que les permiten sobrevivir en el suelo son, la cápsula que las rodea puede protegerlas contra la desecación (Sarig y Steinberger, 1993), lo que es particularmente útil en zonas áridas, el aprovechamiento de nutrientes, lo que les permite el crecimiento explosivo cuando abunda un sustrato y su sensibilidad a las toxinas. Existen dos tipos de crecimiento bacteriano, los que se desarrollan bien en ambientes despejados o sin aglomeraciones, denominados estrategias r o zimógenos y, las que son más competitivas en ambientes con poco sustrato, con aglomeraciones, de crecimiento lento y menos sensibles a las toxinas, conocidos como estrategias k o autóctonos (De Leij, et. al., 1994; Killham, 1994).

A este grupo pertenecen bacterias Gram (+), con la peculiaridad de formar un pseudomicelio que recuerda a los hongos, aunque sus hifas presentan un menor diámetro. Estos organismos, en su mayoría, son saprófitos de vida libre, pues degradan polímeros recalcitrantes como celulosa y quitina (Küster, 1977), además de ser responsables del característico olor a tierra húmeda debido a la producción de terpenos volátiles llamados geosminas, y requieren niveles de pH alcalinos para poder desarrollarse (Richards, 1987).

otro rasgo que los distingue es su alta tolerancia a la sequía, lo que los convierte en un componente importante de la microflora en zonas áridas (Kinsbursky, et. al., 1990). En suelos mas ácidos, como el de los bosques templados, la descomposición de estas macromoléculas la realizan bacterias y hongos (Richards, 1987). A pesar de su papel tan importante como descomponedores, el estudio de este grupo se ha enfocado a la producción de antibióticos como (estreptomicina y tetraciclina) por miembros del género *Streptomices* (Reyes-Quintanar, 2000).

1.2 PROTOZOARIOS

Estos eucariotas unicelulares, juegan un papel muy importante, como predadores en la cadena alimentaria y, al ser componentes de la micro y mesofauna, son una fuente importante de alimento para microinvertebrados (Lipscomb, 2000). Su potencial como bioindicadores radica en su corto ciclo de vida, su sensibilidad a los contaminantes, su rápida respuesta a las perturbaciones y a su presencia en hábitats extremos respecto a otros eucariotes (Smith, 1996).

Estos organismos son liberadores de los nutrientes contenidos en la biomasa microbiana, haciéndolos disponibles para las plantas y otros organismos (Rodríguez-Zaragoza, 1994); y su presencia estimula la mineralización del nitrógeno (Foissner, 1999). Para estudiar a los protozoos del suelo se les ha dividido en cuatro grandes grupos morfológicos, flagelados, ciliados, amebas desnudas y testados (Smith, 1996). Los tres primeros grupos se consideran mayoritariamente estrategias r, que crecen mejor en sistemas muy productivos, como los climas calientes y húmedos, aunque también hay especies consideradas estrategias k. Las amebas testadas son principalmente estrategias k, que pueden explotar suelos de baja pero constante productividad, como los de climas fríos donde las comunidades de ciliados y bacterias son pobres (Bamforth, 1971). Todos los protozoarios que se encuentran en el suelo, al igual que las bacterias y actinomicetos, presentan adaptaciones al medio, capacidad que no tienen los que se desarrollan en ambientes acuáticos, tal como, una alta capacidad y velocidad de enquistamiento-exquistamiento (Bamforth, 1988), un menor tamaño, ausencia de ornamentación y en algunos casos son

aplanados (Bovee, et. al. 1985) , características que favorecen su movimiento a través de los poros del suelo.

Flagelados

Junto con las amebas, son el grupo de protozoarios mas abundante en el suelo, son principalmente bacterívoros y su flexibilidad ameboide le permite consumir presas que se encuentran en poros de hasta 1μ de diámetro (Couteaux y Darbyshire, 1998).

El estudio de los flagelados se ha enfocado a los organismos grandes de 15 a 60μ , ya que los nanoflagelados, debido a su tamaño de hasta 2μ , han sido ignorados tanto en aspectos taxonómicos como ecológicos por las dificultades para su manejo y observación (Foissner, 1991). Sin embargo, se ha determinado que viven en poros muy pequeños que no pueden ser explotados por otros protozoarios (Smith, 1996).

Ciliados

Los ciliados en su mayoría consumen bacterias, son depredadores y omnívoros; se han empleado como bioindicadores en suelos muy contaminados ó perturbados (Couteaux y Darbyshire, 1998). Los organismos pertenecientes a la familia Colpodidae se consideran verdaderamente edáficos y pueden ser bioindicadores de la situación del suelo debido a que forman 3 tipos de quiste, el de resistencia, cuando se agota un recurso; el de reproducción, previo a la división; y el inestable, cuando las condiciones ambientales cambian drásticamente (Stout, 1955).

Amebas desnudas y testados

Las amebas y testados son los mas diversos en el suelo, por lo que su potencialidad como bioindicadores aumenta; hay evidencias de que su distribución es afectada por las condiciones del suelo (Rodríguez-Zaragoza, 1999) y por la variación estacional (Rodríguez-Zaragoza y García, 1997). También se ha observado que los fertilizantes y el bromuro de etidio cambian la composición de especies de amebas desnudas, lo que refuerza la idea de que estos organismos responden a las perturbaciones ambientales (Hutner, 1964). En el caso

de las amebas desnudas, para tener una aproximación mas precisa se han empleado los morfotipos que presentan, clasificándose como amebas tipo I, a las que presentan subpseudópodos como las del género *Acanthamoeba* y *Vexillifera*, amebas tipo II, con pseudópodos no eruptivos, monopodales, con forma de tlaconete, como *Hartmannella* y *Glaeseria*, amebas tipo III, que al moverse forman pseudópodos eruptivos, también monopodales como las pertenecientes a los géneros *Vahlkampfia* y *Naegleria* y las tipo IV, con formas reticuladas como las de los géneros *Biomyxa* y *Vampirella* (Anderson y Rogerson, 1995).

II. ANTECEDENTES

Hutchinson y Russell, en 1827 propusieron la teoría de la esterilidad parcial, donde sugirieron que los protozoarios, como devoradores de bacterias, controlan dichas poblaciones (Sandon, 1927).

Danso (1974), encontró que las amebas son, en cultivo en placa de agar, capaces de desarrollarse con cepas de *Rhizobium* como fuente de alimento, aunque considera que el medio de cultivo puede ser un factor de selección para los protozoarios que se desarrollen pues si el medio de cultivo es líquido los flagelados y ciliados son dominantes, poniendo en evidencia la importancia del ambiente para estos grupos.

Los cambios estacionales observados por Kinsbursky et. al. (1990), en las poblaciones de bacterias y actinomicetos sugieren que este grupo es un componente importante de la flora microbiana en época de sequía pues los primeros se incrementaron dramáticamente durante la época de lluvias mientras que la población de actinomicetos bajó. No observaron cambios apreciables en profundidad y tiempo, en las poblaciones microbianas mostrando la habilidad de algunas especies para sobrevivir a cortos periodos de sequía pero también el efecto regulatorio de los protozoos y nemátodos durante periodos de humedad..

Por otro lado, la revisión de muestras de suelo de origen volcánico sin vegetación, y un experimento de recolonización de muestras fumigadas, hechos por Bamforth (1997), permitieron observar la sucesión ecológica de los grupos funcionales de protozoarios, en condiciones de campo y de laboratorio; estableciéndose primero los flagelados, luego las amebas desnudas, ciliados y finalmente los testados.

Bamforth, (1985), menciona que los protozoarios controlan las poblaciones bacterianas, pero que el número no baja de cierto nivel.

Persson (1989), observó que un suelo con hongos y bacterias, pero sin depredadores tiene una menor tasa de mineralización comparado con un suelo que posee depredadores,

mostrando la importancia de este grupo en la velocidad a la que se transforman los nutrimentos.

Sarig y Steinberger en 1993, observaron que la adición de agua al suelo del desierto baja su temperatura y que los procesos microbianos responden inmediatamente a la irrigación, estabilizándose los parámetros evaluados a los niveles de los suelos experimentales no irrigados después de 4 días. Esto sugirió la existencia de una población microbiana bien adaptada, que respondió rápidamente a los cambios, explotando los pulsos de condiciones favorables para el crecimiento y la actividad celular.

Steinberger (1995), considera que los procesos en los que está involucrada la microbiota del suelo se han estudiado, principalmente, en suelos forestales, dejando de lado las zonas áridas, pues los estudios en estas últimas se han enfocado a las poblaciones de micro artrópodos y nemátodos. Por ello, es muy escasa la información acerca de las comunidades de bacterias, hongos y protozoarios.

III. JUSTIFICACIÓN

Las primeras etapas de degradación del suelo son difíciles de detectar y, dada la sensibilidad de los microorganismos a los cambios ambientales, dicha degradación puede reflejarse en el número de organismos y/o diversidad de especies. Sin embargo, las islas de recursos proveen un microclima más favorable a los organismos amortiguando el efecto de los factores ambientales. Para detectar las diferencias entre un sitio conservado y uno degradado, se requiere determinar los factores físicos y químicos y correlacionarlos con la cantidad de bacterias, actinomicetos y protozoarios en 3 islas de recursos y un área de suelo desnudo, de un sitio conservado y de uno degradado. Además la riqueza de especies de ciliados es importante, para determinar como afecta a este grupo el proceso de degradación específicamente. Con esto se pretende conocer el impacto de la degradación sobre estas poblaciones y, así, contribuir a planear estrategias sobre el manejo adecuado del suelo.

IV. HIPÓTESIS

1. Las islas de recursos presentan diferencias respecto al suelo desnudo, en el número de bacterias, actinomicetos y protozoarios en los dos sitios de estudio (conservado y degradado), debido al microclima más favorable; al comparar los sitios de estudio, debe haber un menor número de organismos en el sitio degradado debido a la tensión a la que están sujetas. Por otro lado la época de lluvias traerá consigo un aumento en el número de organismos en todas las muestras.
2. Las islas de recursos tendrán mayor riqueza de especies de ciliados, debido al microclima más favorable.
3. La estabilidad de un sistema puede reflejarse en la proporción de estrategias r/k en bacterias y en la riqueza de especies de ciliados. Así, se espera encontrar más estrategias r en el sitio degradado en comparación con el conservado y, en cada sitio, más estrategias r en el suelo desnudo que en las islas de recursos.
4. Si el ambiente influye en las poblaciones de organismos, entonces, algunas características físicas y químicas del suelo determinarán el aumento ó disminución del número de bacterias, actinomicetos y protozoarios.

V. OBJETIVO GENERAL

- Detectar los cambios que se dan, en un suelo, en cuanto a sus características físicas, los niveles de nutrimentos, sus poblaciones de bacterias, actinomicetos y protozoarios, así como la en la riqueza de especies de ciliados cuando se degrada el suelo

VI. OBJETIVOS PARTICULARES

-Determinar las diferencias en las características físicas y químicas.

De los suelos de las áreas de estudio.

-Observar los cambios en el número de bacterias, actinomicetos y protozoarios en y entre sitio, así como en las dos épocas, en cada microambiente.

-Establecer el status de cada muestra en relación con la predominancia de las estrategias de colonización (r/k) de bacterias y de especies de ciliados.

-Correlacionar los datos obtenidos de las características físicas y químicas del suelo con los datos obtenidos de la comunidad microbiana.

- Correlacionar las características físicas y químicas; el número de bacterias, actinomicetos y protozoarios y; la diversidad de especies de ciliados en las islas de recursos y el suelo desnudo de un sitio degradado y uno conservado durante la época de lluvias y de sequía en Zapotitlán de las Salinas, Puebla.

VII. METAS

-Determinar los siguientes parámetros físicos: densidad real, densidad aparente, porosidad, grado de compactación, textura, capacidad de campo, humedad y color.

-Determinar los siguientes parámetros químicos: pH, nitrógeno, fósforo, potasio, fierro, magnesio, manganeso, amonio, nitritos y calcio.

-Determinar las unidades formadoras de colonias (UFC) de bacterias y actinomicetos, así como la proporción de estrategias r/k .

-Realizar la cuenta de protozoarios.

-Determinar la riqueza de especies de ciliados y la proporción de estrategias r/k .

VIII. MATERIAL Y METODOS

7.1 Descripción del área de estudio

La provincia florística del Valle de Tehuacan-Cuicatlán pertenece a la región xerofítica mexicana y se localiza en la parte sureste del estado de Puebla y noroeste de Oaxaca entre los 17°39' y 18°53' latitud norte y 96°55' y 97°44' longitud oeste, con una superficie aproximada de 10 000 km². Incluye varios valles entre los que destacan Coxcatlán, Cuicatlán, Tehuacan, Tepelmeme y Zapotitlán, así como algunas barrancas y cañones como Morelos, Tomellín, Río Grande, Río Hondo y Río Salado. Los principales límites orográficos del valle son, al este y noreste la Sierra Madre Oriental, llamada localmente Sierra Zongolica, al norte la serranía de Tecamachalco y al sur la Sierra Juárez (Valiente y Arias, 1997, citado por Reyes-Quintanar, 2000).

La región tiene un clima semiárido, con temperatura alta y régimen de lluvias de verano. Las condiciones de aridez existentes se deben al efecto de sombra orográfica que produce la Sierra Madre Oriental (Sierra de Juárez y Zongolica) y a la desecación paulatina de los mantos freáticos (Villaseñor et. al., 1990; citado en Valiente y Arias, 1997), principalmente en el Valle de Zapotitlán. Geológicamente, el Valle presenta afloramientos de diferentes edades y naturaleza, por lo que la región es un mosaico heterogéneo de diferentes litologías que forman parte de la provincia geológica de Tlaxiaco. La zona centro-norte de Tehuacan presenta afloramientos del Cretácico medio y la región centro-sureste de la zona, que comprende de Tehuacan hasta la zona de Teotitlan del Camino, presenta afloramientos del Precámbrico, así como del Jurásico Inferior Marino. La franja comprendida por la Sierra de Juárez, que se encuentra al sur del valle de Tehuacan-Cuicatlán

hasta Quiotepec, presenta afloramientos de rocas metamórficas del Paleozoico; en las partes más bajas afloran sedimentos del Terciario Continental y del Cuaternario (López, 1981; citado en Valiente y Arias, 1997).

7.2 Zona de muestreo

Los dos sitios de muestreo (conservado y degradado), se localizan en la subcuenca el Cutac, la vegetación esta constituida por matorral espinoso en asociación con matorral crasicauale, el material geológico esta formado por conglomerados, lutitas y calizas, el suelo es un fluvisol calcárico.

Zona degradada: Localizada en el Sistema fisiográfico Aluvión, en una terraza con exposición sur, coordenadas 18°19'37" latitud norte y 97°27'12" longitud oeste, con pendiente de 39°. El suelo esta marcado con erosión.

Zona conservada: Localizada en el Sistema fisiográfico Zapotitlán, en la ladera de una loma, exposición sureste, coordenadas 18°19'41" latitud norte y 97°27'12" longitud oeste, con pendiente de 17°

8.3 DISEÑO DE CAMPO

Se hicieron 5 muestreos, cada 4 semanas, 2 en época de secas y 3 en época de lluvias, de abril a agosto de 2000. En la zona conservada se hizo un cuadrante de 10x10m y se hizo la elección de los arbustos de *Prosopis laevigata* al azar, en el caso de la zona degradada, debido a la escasez de organismos, el muestreo fue dirigido; en ambos sitios se eligieron 3 islas de recursos dominadas por *P. Olaevigata* y un área de suelo desnudo. Las muestras se tomaron a 10cm de profundidad con una pala de jardinero, evitando áreas con costras microbióticas y se pusieron en bolsas de plástico con cierre hermético para transportarlas al laboratorio.

Las claves empleadas fueron

I1C	Isla de Recursos 1 de el sitio Conservado
I2C	Isla de Recursos 2 de el sitio Conservado
I3C	Isla de Recursos 3 de el sitio Conservado
SDC	Suelo Desnudo de el sitio Conservado
I1D	Isla de Recursos 1 de el sitio Degradado
I2D	Isla de Recursos 2 de el sitio Degradado
I3D	Isla de Recursos 3 de el sitio Degradado
SDD	Suelo Desnudo de el sitio Degradado

8.4 METODOLOGIA

8.4.1 PROCESAMIENTO DE LAS MUESTRAS

Para las evaluaciones físicas y químicas (a excepción de la humedad), se empleo el suelo secado (temperatura ambiente, 24 horas) y tamizado (malla 2mm). Las evaluaciones biológicas se hicieron dentro de las 24h siguientes a la toma de muestras, en las instalaciones del jardín botánico, las condiciones de esterilidad se mantuvieron con mecheros de alcohol y evitando corrientes de aire. Solo las muestras tomadas en la época seca (abril y mayo) se tamizaron (malla 2mm) antes de trabajarlas. Los muestreos de la época húmeda (junio, julio y agosto) se trabajaron en fresco; después se transportaron al laboratorio para el secado (temperatura ambiente durante 7 días) y tamizado (malla 2mm).

8.4.2 PARÁMETROS A EVALUAR

FISICOS

Color (tablas de color de Munsell, Muñoz-Iniestra et. al.,2000)
Textura (hidrómetro, Muñoz-Iniestra et. al.,2000)
Densidad real (picnómetro, Muñoz-Iniestra et. al.,2000)
Densidad aparente (volumétrico, Muñoz-Iniestra et. al.,2000)
Porosidad (con densidad real y aparente, Muñoz-Iniestra et. al.,2000)
Humedad (gravimétrico, Muñoz-Iniestra et. al.,2000)
Grado de compactación (penetrometro, Muñoz-Iniestra et. al.,2000)
Capacidad de campo (Muñoz-Iniestra et. al.,2000)

NUTRIMENTOS

pH	Fósforo	Fierro	Manganeso	Nitritos
Nitratos	Potasio	Magnesio	Amonio	Calcio

Todos evaluados por colorimetría con los Kits Lamotte AM-31 y AM-32.

BIOLÓGICOS:

Cuenta de bacterias (dilución en placa, Ortigoza y Ruiloba, 1998)
Cuenta de actinomicetos (dilución en placa, Ortigoza y Ruiloba, 1998).
Cuenta de protozoarios (dilución de Ingham, 1993)
Identificación de especies de ciliados (caja no inundada, de Foissner En Bamforth, 1995b)

8.4.3 EVALUACIONES BIOLÓGICAS

Cuenta de bacterias y actinomicetos

Se preparo una serie de 6 tubos por muestra, el primero con 9ml de extracto de suelo (Anexo I) y el resto con 2.7ml de extracto de suelo. En el primer tubo, se puso 1g de suelo en peso fresco y se agito durante 10 minutos; de la dilución 10^{-1} se tomaron 300 μ l que se pusieron en el segundo tubo (2.7 ml) ; se homogeneizó con ayuda del vortex durante 30 segundos para tener la dilución 10^{-2} , con este procedimiento se obtuvieron las siguientes diluciones (10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6}). Alicuotas de 30 μ l de las diluciones 10^{-4} , 10^{-5} y 10^{-6} se esparcieron con un asa de vidrio en placas de agar nutritivo para la determinación de bacterias totales. Para actinomicetos se emplearon las diluciones 10^{-3} , 10^{-4} y 10^{-5} en época de secas y 10^{-4} , 10^{-5} y 10^{-6} para la época de lluvias, sembradas en agar Czapeck. Ambos medios se prepararon de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Las cuentas en las placas de agar nutritivo para bacterias se realizaron a los 5 y 10 días para obtener un registro de la estrategia de colonización (r ó k) y en agar Czapeck para los actinomicetos entre los días 10 y 15.

Cuenta de protozoarios

En la primera fila de una placa de cultivo de 24 pozos con agar-extracto de suelo (Anexo I) se pusieron 4 alicuotas de 1ml cada una, de la dilución 10^{-1} ; de estas se hizo la dilución 10^{-2} tomando 100 μ l que se colocaron en los pozos de la segunda fila que ya tenían 900 μ l de extracto de suelo. Con este procedimiento se realizaron las diluciones 10^{-3} , 10^{-4} y 10^{-5} . Las placas se revisaron a los 7 y 9 días para registrar la presencia / ausencia de ciliados (C) flagelados (F), nanoflagelados (NF); las amebas se registraron de acuerdo a los morfotipos de Anderson y Rogerson (1995) tipo I (subpseudópodos), II (no eruptivas) y III (eruptivas). Se consultaron las tablas de Número Mas Probable (NMP) de Ingham (1993) para obtener el número de organismos.

Identificación de especies de ciliados

Se tomaron 10g de suelo, seco y cernido, y se pusieron en una caja petri; se saturó la muestra con agua destilada, sin inundarla, hasta que drenara agua del material al presionar con el dedo. Se incubo a temperatura ambiente y se hicieron preparaciones de esta agua, los

días 2-3, 5-6 y 8-10 para la identificación de especies, mediante su observación en un microscopio de contraste de fases. Cuando las especies no se pudieron identificar en vivo, se cultivaron en 50ml de extracto de suelo para procesarlas con la tinción argéntica para ciliados y flagelados (Anexo I)* e identificarlas. Algunos solo se identificaron a nivel de género. Se emplearon las claves de Corliss (1979), Kudo (1985) y Patterson (1996).

IX. PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO

Las pruebas físicas se compararon con una t de student, en EXCELL; con los niveles de nutrimentos se construyó la primera matriz para el análisis multivariado; los datos poblacionales se normalizaron y se construyó la matriz secundaria para el análisis de componentes principales. La riqueza de especies se sometió a una prueba de similitud de dos vías (TWINSPAN). Ambas pruebas se corrieron en el programa PC-ORD.

X. RESULTADOS Y ANALISIS

10.1 Características físicas y niveles de nutrimentos

10.1.1 Descripción general.

Los resultados obtenidos en cuanto a niveles de nutrimentos mostraron una gran variación dentro de cada zona; las características físicas fueron mas homogéneos dentro de cada zona como lo muestra la desviación standard (tabla 1 a, b y c).

a. NUTRIMENTOS

	IC	ID	SDC	SDD
pH	7.97 ± 0.07	8.13 ± .18	8.3 ± 4.08	29 ± 11.82
N	3 ± 2.74	29 ± 27.7	45.3 ± 15.85	19.3 ± 19.29
P	190 ± 10.87	276.7 ± 71.05	133 ± 31.55	60 ± 80.72
Fe	4.7 ± 6.17	11 ± 6.52	17 ± 19.56	10 ± 22.36
Mg	59 ± 20	82.87 ± 25.39	55 ± 32.86	51.8 ± 31.13
Mn	5.73 ± 3.79	14 ± 4.3	3.2 ± 2.68	7.6 ± 8.62
Amonio	31 ± 16.43	31 ± 16.43	31 ± 16.43	27.2 ± 30.10
Nitritos	1 ± 0	0.67 ± .47	1 ± 0	1 ± 0
Ca	5866.7 ± 1267.38	5600 ± 821.58	4650 ± 2631.54	6200 ± 1095.45
m.o.	4.38 ± 1.79	1.07 ± .58	2.89 ± .56	1.26 ± 1.18

b. FISICOS

	IC	ID	SDC	SDD
DREAL	2.3 ± 0.35	2.35 ± 0.02	2.15	2.46
DAPAR	0.93 ± 0.05	1.26 ± 0	0.90	1.32
POROS	58.57 ± 7.83	46.17 ± 14.63	58.33	46.31
C.C.	64.839 ± 0.14	42.42 ± 19.75	42.87	34.96
GCOMP	0.8 ± 0.21	2.23 ± 0.46	1.45	1.90
AREN	55.92 ± 7.21	37.92 ± 121.3	41.92	49.92
ARCIL	19.4 ± 5.05	27.4 ± 102.76	28.08	20.08
LIM	24.68 ± 3.05	34.68 ± 1.88	30.00	30.00

c. HUMEDAD

	IC	ID	SDC	SDD
Abril	0	0	0	0
Mayo	0	0	0	0
Junio	18.03 ± 1.23	11.81 ± 1.87	17.23	4.22
Julio	1.82 ± 0.66	0.79 ± .02	2.28	1.58
Agosto	11.48 ± 4.3	5.49 ± .85	12.57	4.75

Tabla 1 Promedio de los resultados obtenidos al evaluar los niveles de nutrimentos y las características físicas de cada zona durante el estudio (cada isla de recursos se considero como una repetición y, en el caso de los nutrimentos se muestra el promedio de los registros obtenidos durante el periodo de estudio)

10.1.2 Características físicas

Textura

Las muestras analizadas se ubicaron en las clases de migajón arcilloso a arenoso, por lo que presentaron un alto porcentaje de arenas en ambas zonas (25.92% a 61.92%), como se puede apreciar en la Fig. 1.

Al aplicar la prueba de t de student no se encontraron diferencias significativas ($\alpha = 0.05$) en cuanto a los porcentajes de arenas y arcillas, mientras los limos si fueron diferentes estadísticamente, al comparar la zona conservada contra la degradada.

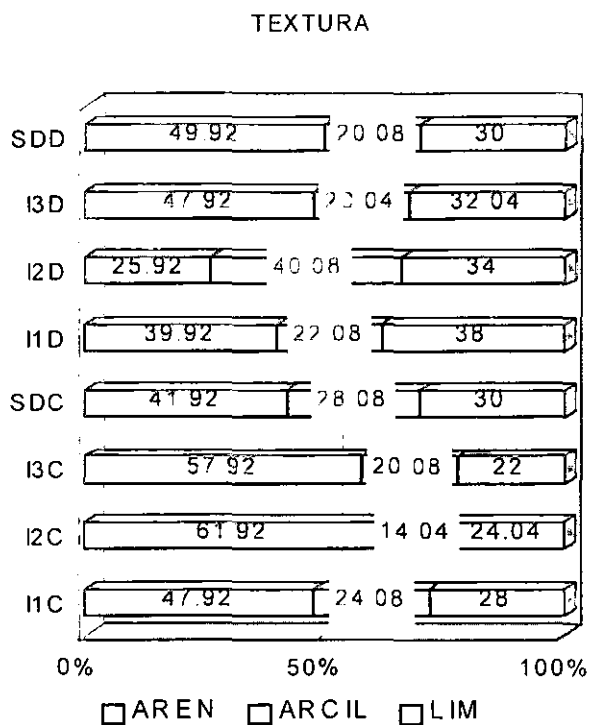


Fig. 1. Porcentaje de arenas, arcillas y limos en las muestras del área de estudio

Densidad y porosidad

Los valores de densidad real estuvieron entre 2.023 y 2.698 g/cm³; no se observaron diferencias en este parámetro que nos permitan separar las zonas. La densidad aparente tuvo rangos de 0.88 a 0.97 g/cm³ para la zona conservada y de 1.201 a 1.348 g/cm³ para la zona degradada (fig. 2a). El análisis estadístico mostró diferencias significativas solo en cuanto a la densidad aparente ($\alpha = 0.05$).

El porcentaje de porosidad presentó valores entre 40.81 y 67.38%; la zona conservada tuvo los valores mas altos, siendo estadísticamente diferente ($\alpha = 0.05$) (fig. 2b). Podemos notar que el suelo de la zona conservada fue menos denso y mas poroso, en comparación con la zona degradada.

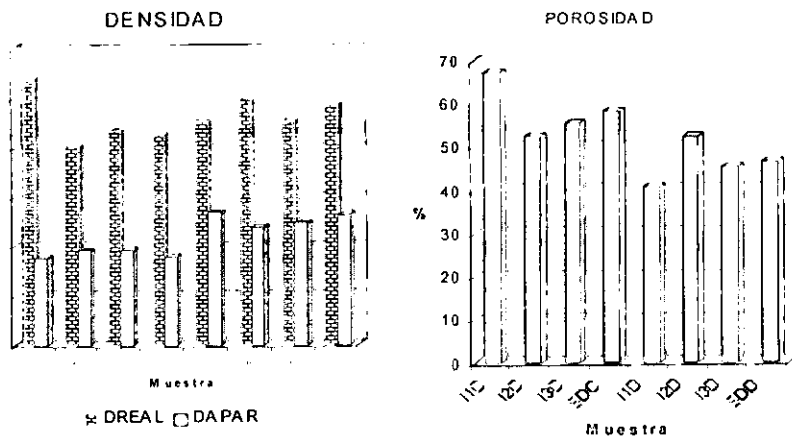


Fig. 2. a: Densidad real y aparente de las muestras analizadas

b: Porcentaje de porosidad de las muestras analizadas

Grado de compactación

Fue menor en la zona conservada (0.65 a 1.45) que en la zona erosionada (1.6 a 2.16), siendo estadísticamente diferentes ($\alpha = 0.05$) (fig. 3).

GRADO COMPACTACION

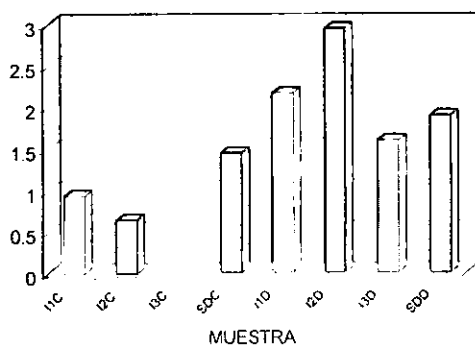


Fig. 3. Grado de compactación de la zona degradada y conservada

Capacidad de campo

Los datos obtenidos mostraron una mayor capacidad de campo en la zona conservada, con valores de 54.9% a 64.9 % y para la zona degradada de 33.5% a 42.8%, presentando diferencias significativas ($\alpha = 0.05$) al aplicar la prueba de t student (fig. 4).

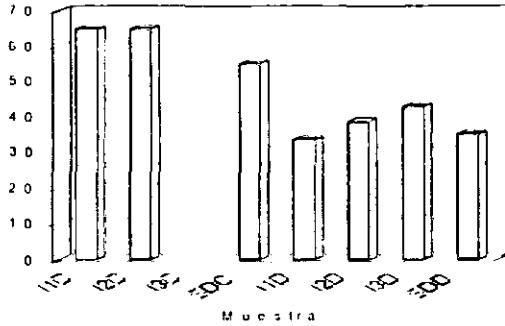


Fig. 4. Capacidad de campo de la zona degradada y conservada

Humedad

Los porcentajes de humedad no fueron evaluados en abril y mayo; debido a que no se había iniciado la época de lluvias

Se pueden ver dos picos de lluvias, el más intenso en junio con valores entre 8.9% y 19.4% y otro en agosto que registro niveles de 3.3% a 19.2%; en julio hubo porcentajes de humedad menores a 2.5%. Los mayores porcentajes de humedad se presentaron siempre en la zona conservada (fig. 5).

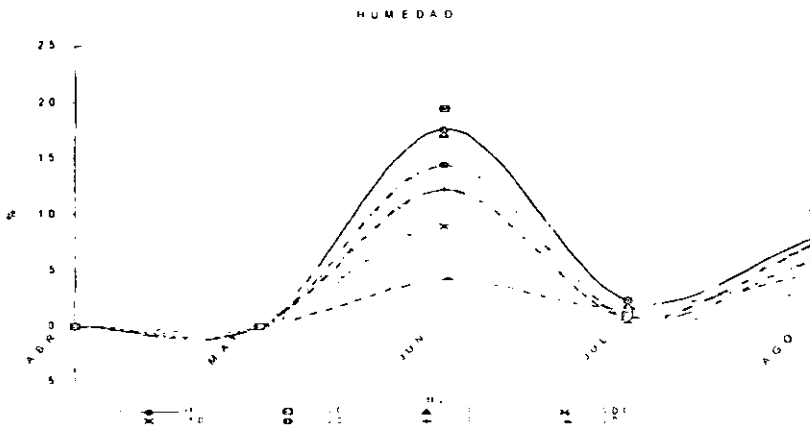


Fig. 5. Porcentaje de humedad al momento del muestreo, durante el periodo de estudio en cada muestra

pH

En los dos meses de sequía el pH fue de 8 y, durante las lluvias solo variaron los suelos desnudos (7.5) y la isla de recursos 2 de la zona degradada (9) (Tabla 1).

	I1C	I2C	I3C	SDC	I1D	I2D	I3D	SDD
Abril	8	8	8	8	8	8	8	8
Mayo	8	8	8	8	8	8	8	8
Junio	8	8	8	7.5	8	9	8	8
Julio	8	8	8	8	8	9	8	8
Agosto	8	8	8	8	8	8	8	7.5

Tabla 1. Valores de pH registrados para la zona durante el estudio.

10.1.3 Niveles de nutrimentos

Amonio

En la zona conservada, en abril y mayo (sequía) presentó 49 ppm; los meses lluviosos tuvieron 19 ppm, excepto el suelo desnudo conservado que, en agosto tuvo 2ppm (fig. 7a)

La zona degradada, tuvo distintos niveles en sequía pero, como en la zona conservada presento 19 ppm en la época lluviosa (fig. 7b)

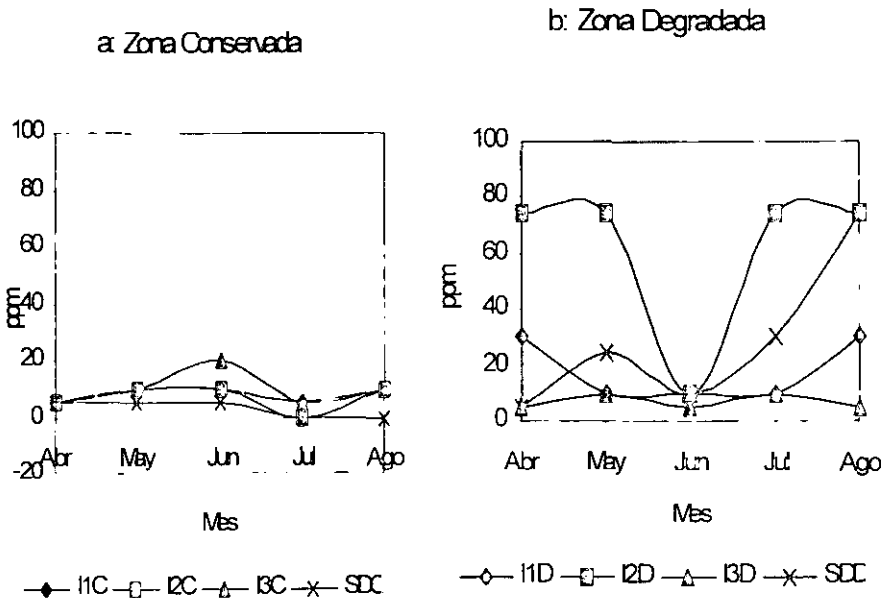


Fig. 7 Partes por millón de amonio en la zona conservada y degradada durante el estudio

Nitratos

Las islas de recursos de la zona conservada presentaron el mismo patrón de variación, con registros mas bajos en mayo y julio y una elevación de las cantidades en abril, junio y agosto; el suelo desnudo tuvo el mismo nivel los primeros tres meses (5 ppm) y posteriormente los valores cayeron por debajo del umbral de detección de la técnica (fig. 6a). Las islas de recursos de la zona degradada, no presentaron el mismo comportamiento y el suelo desnudo en la época de lluvias aumentó gradualmente hasta 75 ppm (fig. 6b).

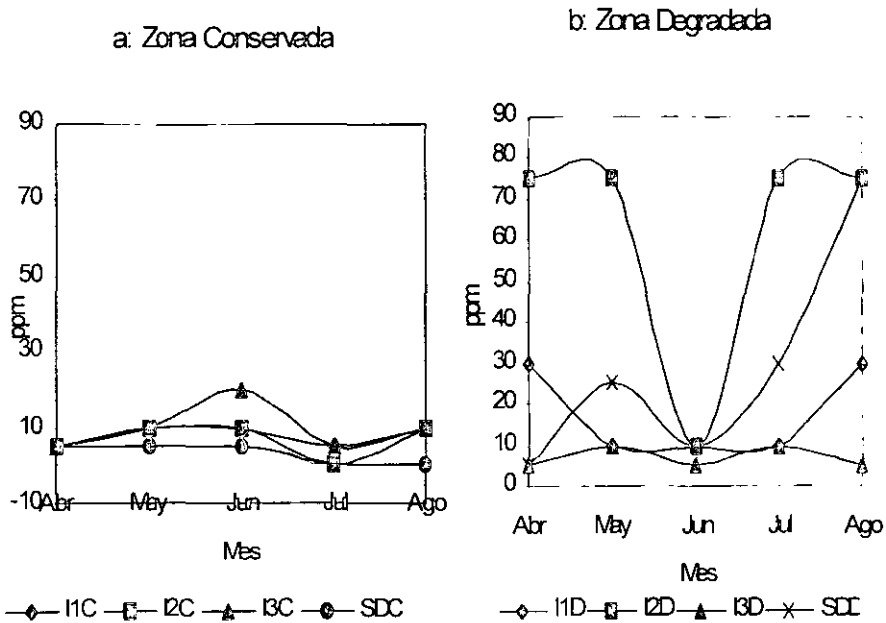


Fig. 6. Partes por millón de nitratos en la zona conservada y degradada durante el estudio.

Nitritos

La zona conservada registro 1 ppm, en todo el estudio; solo el suelo desnudo de la zona conservada, tomado en agosto, tuvo 19 ppm. En la zona degradada hubo mas variaciones; abril, mayo y julio tuvieron 1 ppm, en junio los niveles estuvieron por debajo del umbral de detección de la técnica en las islas de recursos, agosto tuvo distintos niveles en cada muestra. Los suelos desnudos de ambas zonas tuvieron los mismos niveles durante el estudio (1 ppm en todos los meses excepto agosto que registro 19 ppm) (fig. 8 a y b).

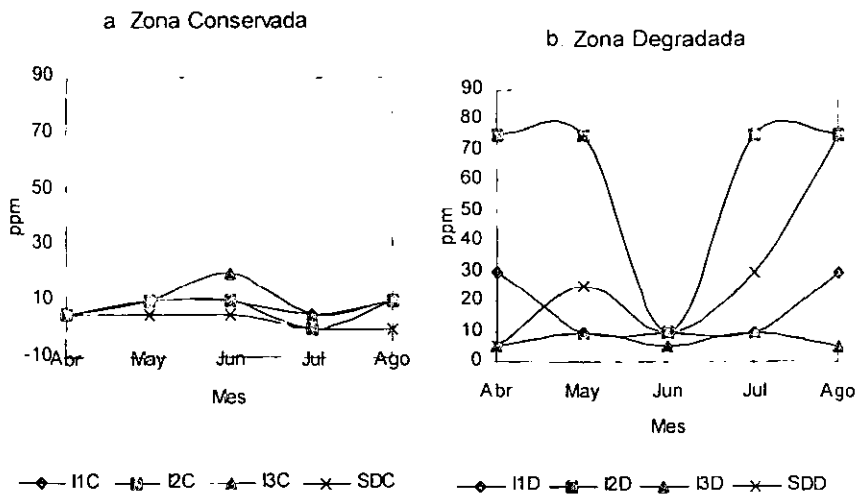


Fig. 8. Partes por millón de nitratos en la zona conservada y degradada durante el estudio

Fósforo

Este elemento, no presenta diferencias entre las islas de recursos y el suelo desnudo de ambas zonas; solo en junio, las islas de recursos de la zona conservada tuvieron un aumento respecto a sus niveles de mayo (fig. 9 a y b).

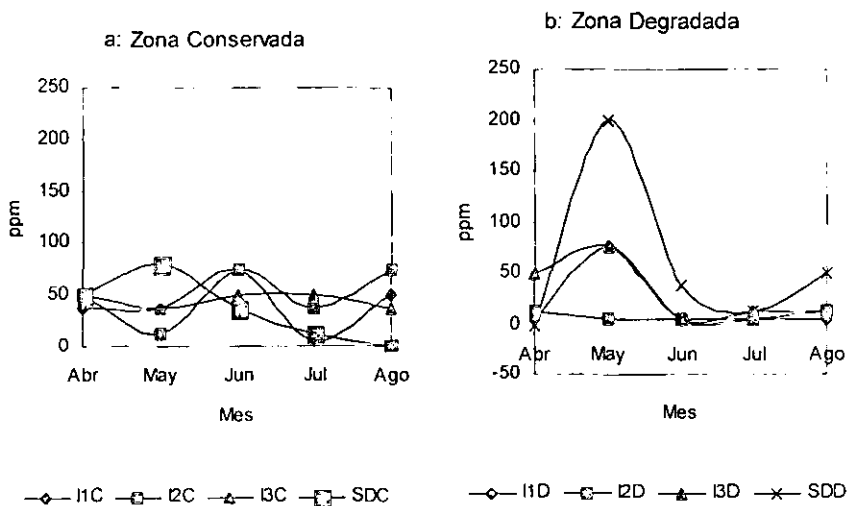


Fig. 9. Partes por millón de fósforo en la zona conservada y degradada durante el estudio

Potasio

En la zona conservada, las islas de recursos durante los dos meses de sequía presentaron el mismo nivel (200 ppm). También destaca la conservación de los niveles en julio y agosto (fig. 10 a y b).

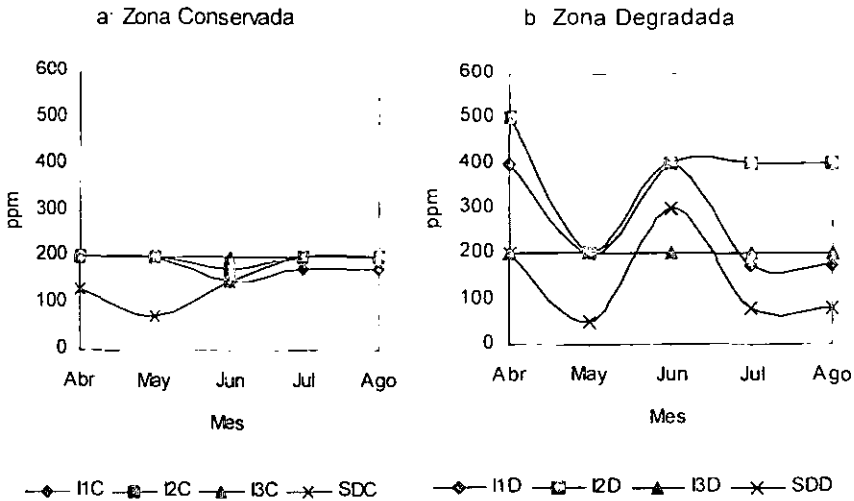


Fig. 10 Partes por millón de potasio en la zona conservada y degradada durante el estudio

Fierro

Con este nutrimento, vemos un comportamiento similar en las islas de recursos de ambas zonas. En la zona conservada, la isla de recursos 2 tuvo un valor distinto en julio: en el resto, se dio una disminución en mayo y agosto, un aumento en junio, manteniéndose estos valores en julio. En la zona degradada de abril a mayo se dió una elevación, los registros presentaron el mismo valor en junio y se dió un decremento en julio y, con excepción de la isla 3 en agosto, que mantuvo el nivel anterior, las otras dos islas de recursos elevaron sus niveles. Los suelos desnudos tuvieron un comportamiento distinto al de las islas y presentaron grandes fluctuaciones ya que el de la zona degradada presentó un nivel muy alto (50 ppm) y posteriormente no hubo detección del nutrimento; el de la zona conservada, en sequía tuvo el mismo nivel que las islas de recursos de la zona degradada y en lluvias, después de un pico de elevación en junio, se presentó un decremento en julio y agosto (fig. 11 a y b).

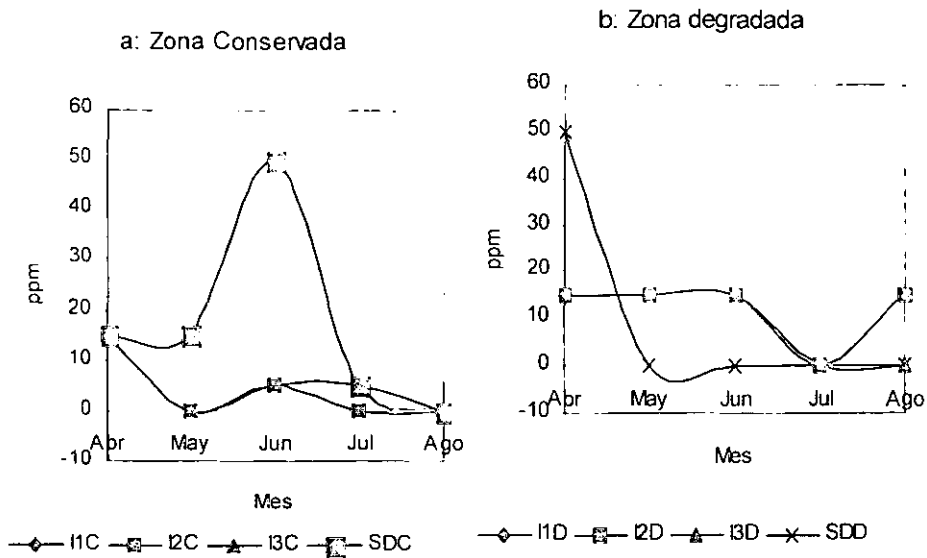


Fig. 11. Partes por millón de hierro en la zona conservada y degradada durante el estudio.

Magnesio y Manganeso.

Estos nutrimentos tuvieron un comportamiento muy irregular; en el caso del magnesio solo se nota la estabilización de sus niveles en julio-agosto, en ambas zonas, a excepción de la isla tres de la zona conservada (fig. 12); el manganeso tuvo comportamientos y niveles distintos en cada muestra (fig. 13).

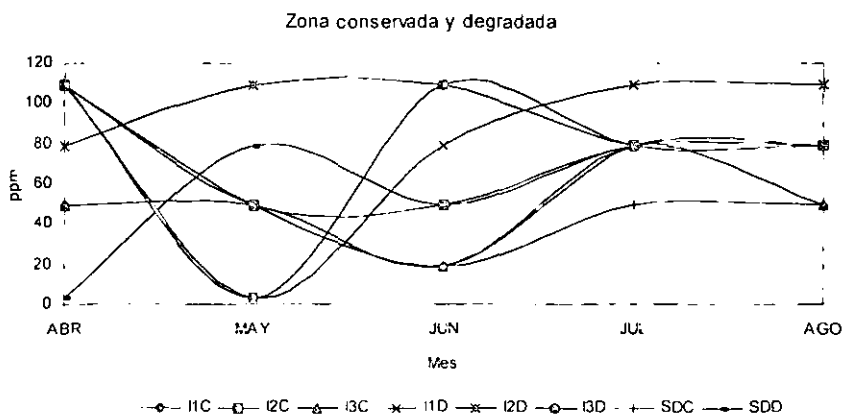


Fig. 12. Partes por millón de magnesio en las dos zonas durante el estudio

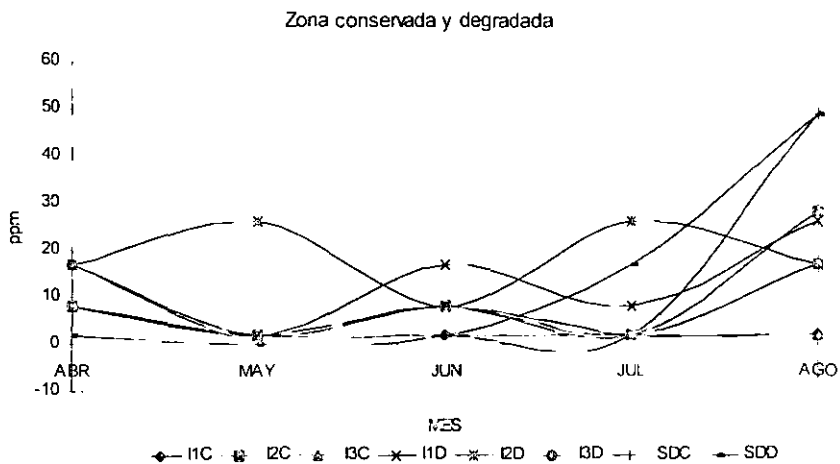


Fig. 13 Partes por millón de manganeso en ambas zonas durante el estudio

Calcio

Sus cantidades, presentaron grandes fluctuaciones entre muestras y meses. En la zona conservada las islas de recursos en época de sequía presentaron los mismos niveles; en las islas de recursos de la zona degradada se dio una elevación de abril a mayo. En época de lluvias cada muestra tuvo un comportamiento distinto (fig. 14).

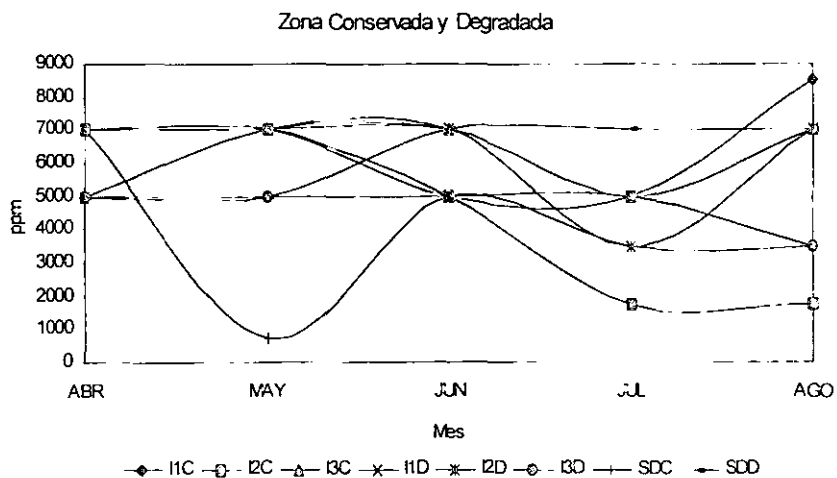


Fig. 14 Partes por millón de calcio en ambas zonas durante el estudio

10.2 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS.

10.2.1 Número de actinomicetos y bacterias totales

ACTINOMICETOS

Los registros obtenidos oscilaron en la zona conservada de 10^5 a 10^7 Unidades Formadoras de Colonia por gramo de suelo (UFC), la zona degradada tuvo valores de 10^4 a 10^7 UFC. En la zona conservada, se nota un aumento en las poblaciones de mayo y un decremento en agosto. En los otros tres meses, cada muestra presentó distintos comportamientos, independientemente del origen de la misma (fig. 15a). La zona degradada, no presentó una tendencia clara en sus niveles de crecimiento a través del tiempo, pues mientras una muestra presentaba un aumento (por ejemplo 4.06×10^5 abril a 1.57×10^7 mayo en SDC) otra presentaba menos UFC (por ejemplo 2.15×10^5 abril a 7.26×10^4 mayo en IID) (fig. 15b). Sin embargo, podemos notar que el número de UFC de la zona conservada fue mas alto que en la zona degradada.

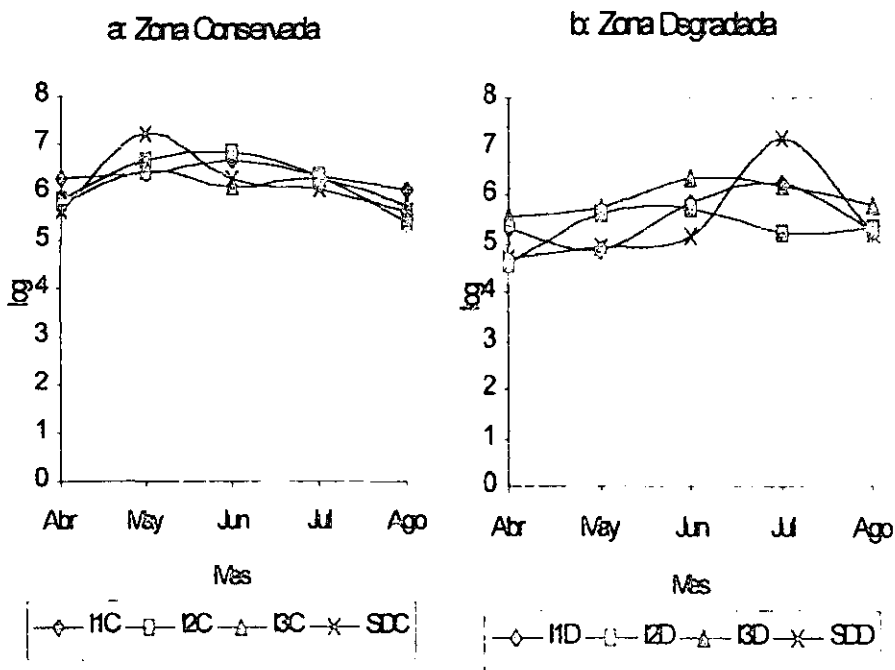


Fig 15 Logaritmo del número de Unidades Formadoras de Colonias de actinomicetos en agar Czapeck en la zona conservada y degradada durante el estudio

BACTERIAS TOTALES

Al igual que con los actinomicetos, hubo mayor cantidad de bacterias totales (UFC) en agar nutritivo, en la zona conservada. En este caso, la mayoría de las muestras de cada mes presentaron la misma tendencia. En la zona conservada, la isla de recursos 1 y el suelo desnudo presentaron valores de 10^7 ; las otras dos islas de recursos tuvieron mayores variaciones con rangos de 10^6 a 10^8 . La zona degradada también tuvo estas variaciones de 10^6 a 10^8 en las islas de recursos; el suelo desnudo varió menos con cifras de 10^6 bacterias (fig. 16 a y b).

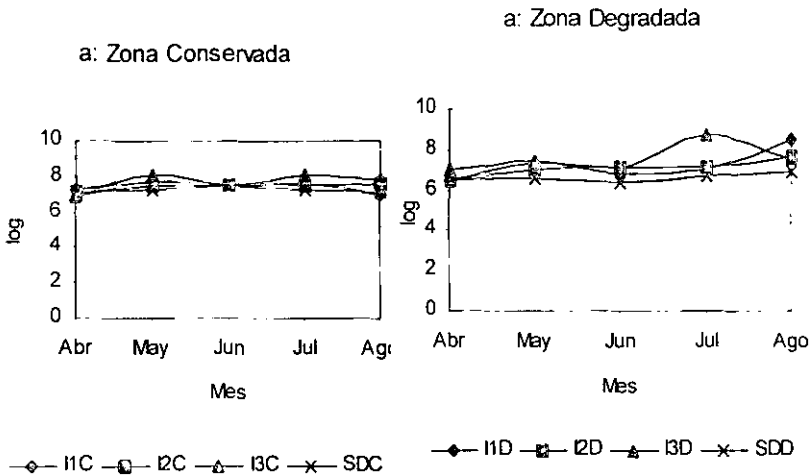


Fig. 16 Logaritmo del número de Unidades Formadoras de Colonias de bacterias en agar nutritivo en la zona conservada y degradada durante el estudio.

ESTRATEGIAS r

Presentaron la misma tendencia que las bacterias totales, con picos de elevación de las poblaciones en mayo y julio, aunque, en agosto, la zona conservada muestra una disminución y la zona degradada más bien presentó el mismo número de UFC que el mes anterior. También es notable el menor número de organismos en el suelo desnudo degradado, respecto a las otras muestras. En la zona conservada, la isla de recursos 1 y el suelo desnudo, presentaron valores de 10^7 bacterias; la isla de recursos 2 tuvo valores de 10^6 en abril y en el resto del estudio 10^7 UFC; la isla de recursos 3 tuvo en 3 de los 5 meses 10^7 UFC. En la zona degradada solo la isla de recursos 2 presentó la misma cantidad que en la zona conservada (10^6) y el resto del tiempo tuvo valores más amplios (fig. 17 a y b).

a Zona Conservada

b Zona Degradada

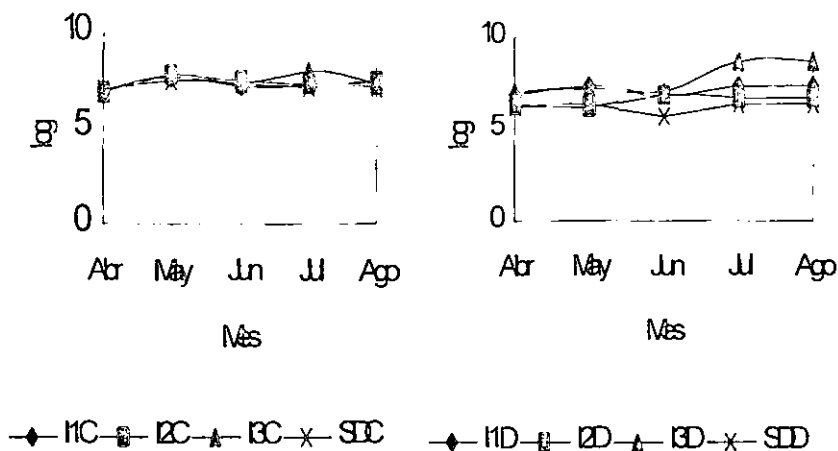


Fig. 17 Logaritmo del número de Unidades Formadoras de Colonias en agar nutritivo con estrategia de colonización r en la zona conservada y degradada durante el estudio

ESTRATEGIAS k

Tuvieron los mismos picos de elevación ya descritos para los otros factores en mayo y julio, y los valores mas bajos en abril y junio; en agosto se observa el mismo número de UFC de julio.

Las variaciones mensuales en la zona conservada en las islas de recursos 1 y 3 fueron del orden de un exponente (por ejemplo 1.38×10^6 abril a 2.57×10^7 mayo en I3C), mientras en la isla de recursos 2 y el suelo desnudo siempre se presentaron valores de 10^6 bacterias. En la zona degradada, las islas de recursos 1 y 3 tuvieron variaciones de 10^5 - 10^6 y 10^5 - 10^7 UFC respectivamente, la isla de recursos 2 y el suelo desnudo tuvieron valores en todos los meses de 10^6 (fig. 18 a y b).

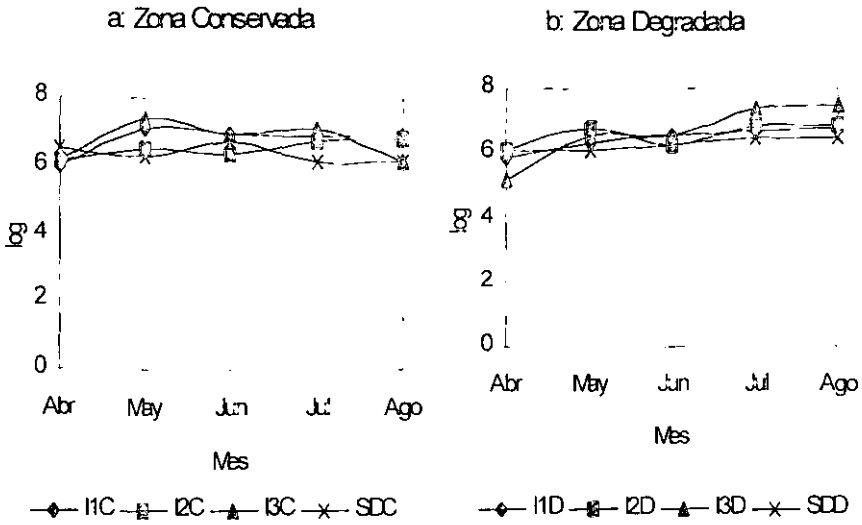


Fig. 18. Logaritmo del número de Unidades Formadoras de Colonias en agar nutritivo con estrategia de colonización k en la zona conservada y degradada durante el estudio

r/k

La proporción de estrategias r y k fue muy estable, con valores entre 0.9 y 1.3, sin diferencias apreciables entre zonas, meses ó muestras (fig. 19).

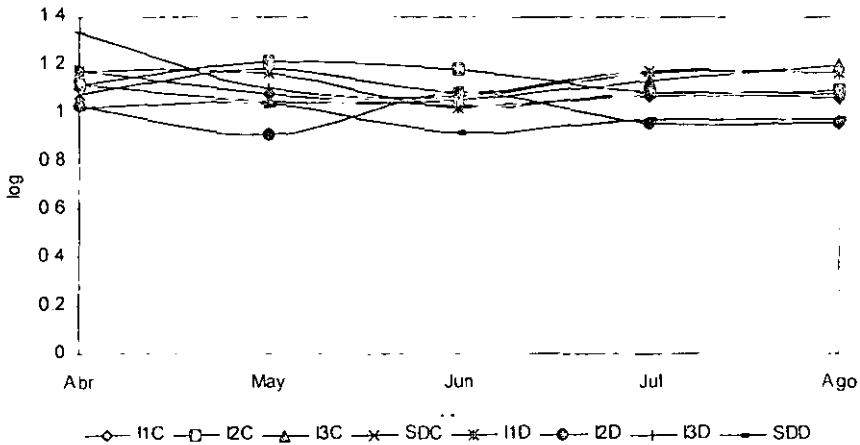


Fig 19 Proporción de estrategias r y k en agar nutritivo en la zona erosionada y degradada durante el estudio

10.2.2 Número de protozoarios

Por muestra

ZONA CONSERVADA

En la isla de recursos número 1 las poblaciones de ciliados y amebas TIII (no eruptivas), tuvieron un decremento gradual hasta junio, cuando no se observaron organismos. Por el contrario, las amebas TI (subpseudópodos) a partir de su aparición en junio, crecieron hasta presentar 2022 ind./g suelo en agosto. Flagelados y nanoflagelados solo se registraron en mayo y junio. Las amebas TIII (eruptivas) presentaron su mayor abundancia en abril (558 ind./g suelo) y posteriormente hubo menos de 50 ind./g suelo; las amebas TI (subpseudópodos) tuvieron un incremento gradual a partir de su registro en junio hasta llegar a 2021 ind./g suelo (fig. 20)

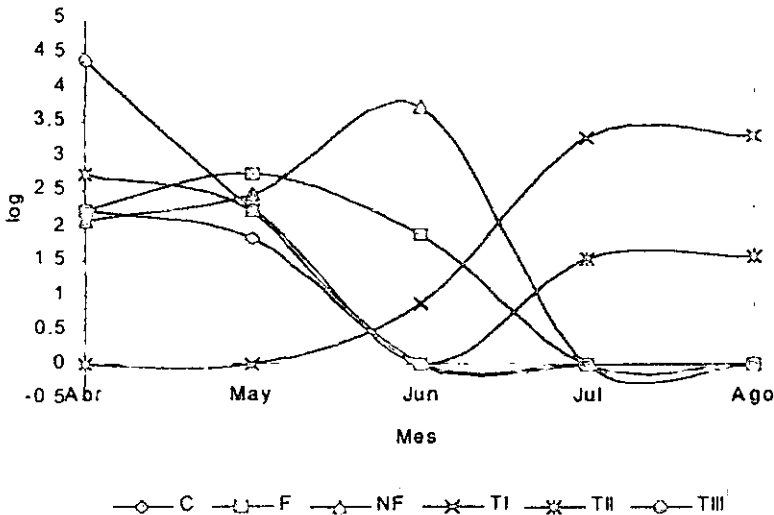


Fig 20 Logaritmo del numero de protozoarios en la Isla de recursos 1 de la zona Conservada

La isla de recursos 2, muestra un comportamiento inverso de las poblaciones de ciliados y amebas TI (subpseudópodos), siendo notable junio cuando fueron las mas numerosas con 1.03×10^4 ind./g suelo, mientras los ciliados estuvieron presentes en todas las muestras, excepto en junio con poblaciones de 58 a 283 ind./g suelo. En los dos últimos meses solo se registraron estos dos grupos, los ciliados con 172 ind./g suelo en julio y 190 ind./g suelo para agosto y las amebas TI con 6 ind./g suelo en los dos meses cuando una población aumenta la otra disminuye (fig. 21).

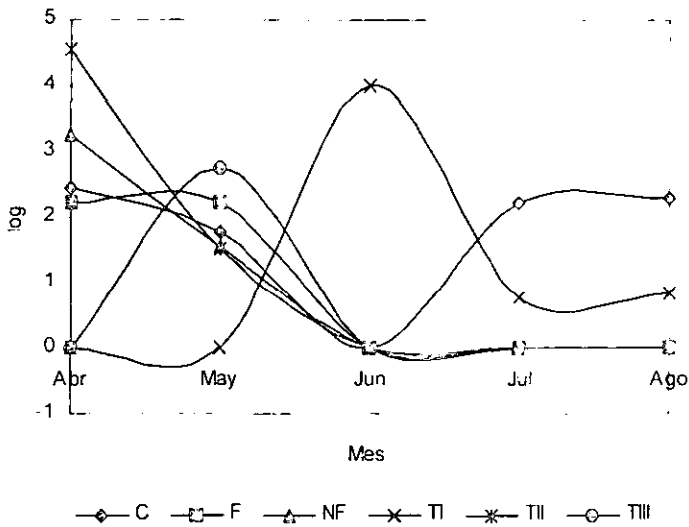


Fig. 21 Logaritmo del Número de protozoarios en la Isla de recursos 2 de la zona Conservada. La isla de recursos 3, tuvo en abril, el mayor número de amebas TII (subpseudópodos), en mayo las amebas TIII (eruptivas) presentaron su mayor abundancia (42635 ind/g suelo). Las amebas TI no dominaron en ningún mes, presentaron el mayor número de ind./g suelo en junio, 334, siendo, en este muestreo, mas numerosos los flagelados (2247 ind/g suelo) y nanoflagelados (1632 ind/g suelo); en julio-agosto el grupo dominante fueron las amebas TII (no eruptivas) con 78 y 92 ind/g suelo respectivamente (fig. 22).

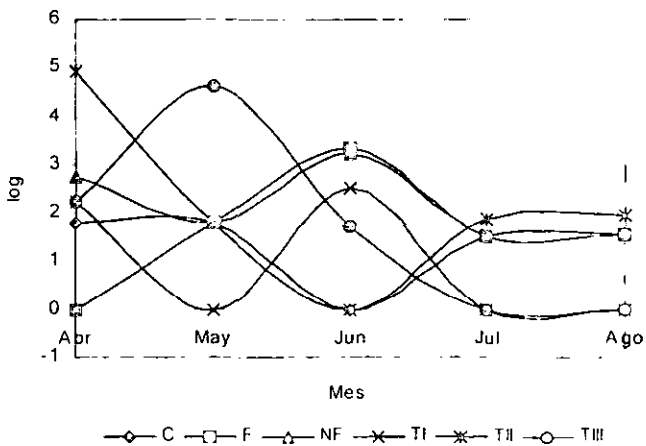


Fig. 22 Logaritmo del número de protozoarios en la Isla de recursos 3 de la zona Conservada.

El suelo desnudo, mostró las mismas variaciones en las poblaciones de ciliados y flagelados en los 3 primeros meses. después dominaron los flagelados con 562 ind./g suelo en julio y 601 en agosto, mientras, los ciliados tuvieron 63 y 67 ind./g suelo respectivamente. En abril solo se registraron nanoflagelados (1863 ind/g suelo) que tuvieron el mismo número de ind./g suelo en mayo, aunque en este mes ya se registraron ciliados y flagelados (115 ind./g suelo en ambos grupos). En junio las amebas TIII (eruptivas) fueron las mas numerosas (5.24×10^5 ind./g suelo). Las amebas TII (subpseudópodos) se registraron en julio y agosto pero no presentaron mas de 200 ind./g suelo y, las TIII (no eruptivas) solo en junio con 7 ind./g suelo, por tanto, sin dominar algún mes (fig. 23).

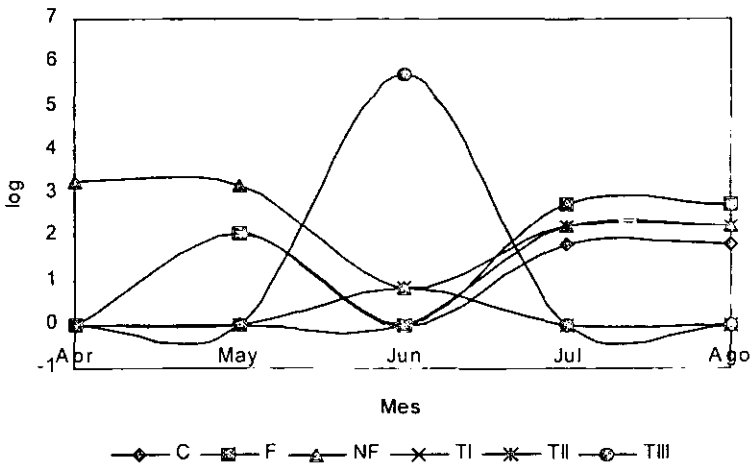


Fig. 23. Logaritmo del número de protozoarios en el Suelo Desnudo de la zona Conservada

ZONA DEGRADADA

En la isla de recursos 1, se observó un aumento de las poblaciones de ciliados, amebas TII (no eruptivas) y TIII (eruptivas) hasta junio: en julio, los flagelados aumentaron registrando 571 ind./g suelo; no se registraron nanoflagelados, amebas TIII, y los ciliados y amebas TII (no eruptivas) tuvieron 6 y 174 ind./g suelo respectivamente. La población de nanoflagelados presento una disminución con el paso del tiempo y en julio ya no se registraron (fig. 24).

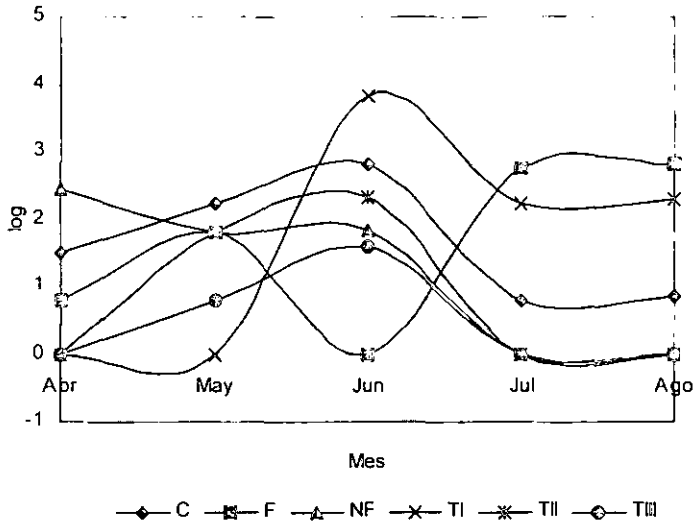


Fig. 24 Logaritmo del número de protozoarios en la Isla de recursos 1 de la zona Degradada.

La isla de recursos 2, no presento flagelados ni amebas TIII (eruptivas) Los ciliados fueron los únicos presentes en mayo (6 ind./g suelo); las amebas TII (no eruptivas) en abril (171 ind./g suelo) y los nanoflagelados en junio (con 9128 ind./g suelo) que fueron los mas abundantes (fig. 25).

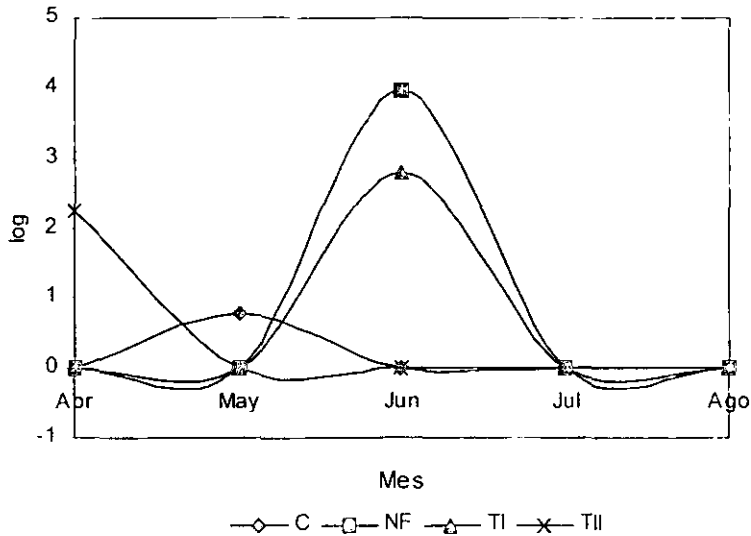


Fig. 25 Logaritmo del número de protozoarios en la Isla de recursos 2 de la zona Degradada

En la isla de recursos 3, se dieron cambios propios a cada grupo. No se detectaron amebas TIII (eruptivas). Los ciliados registraron 426 ind./g suelo en abril, disminuyendo con el paso del tiempo, mientras las amebas TI (subpseudópodos) a partir de su observación en junio, aumentaron hasta presentar 5959 ind./g suelo. En mayo los flagelados fueron los mas abundantes (1525 ind./g suelo). En junio, las amebas TI (subpseudópodos) fueron dominantes (4978 ind./g suelo), junto con las amebas TII (no eruptivas) (1579 ind./g suelo) (fig. 26).

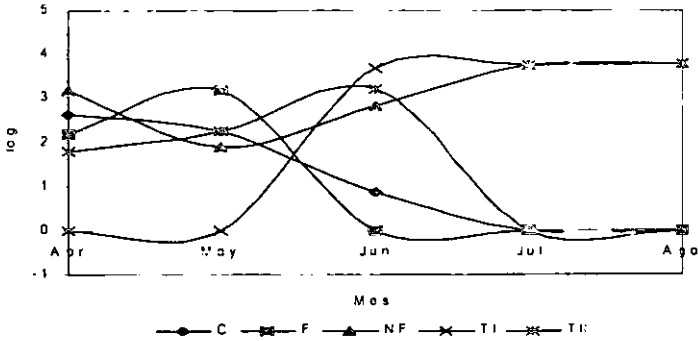


Fig. 26. Logaritmo del número de protozoarios en la Isla de recursos 3 de la zona Degradada.

En el suelo desnudo, no se observaron patrones de comportamiento similares entre grupos; en abril, las amebas TII (no eruptivas) fueron las mas abundantes (83180 ind./g suelo), en mayo las TIII fueron la población mas grande (24417 ind./g suelo), en junio este último grupo junto con los nanoflagelados dominaron, presentando el mismo número de organismos (1525 ind./g suelo). Finalmente en julio-agosto solo se presentaron ciliados (fig. 27).

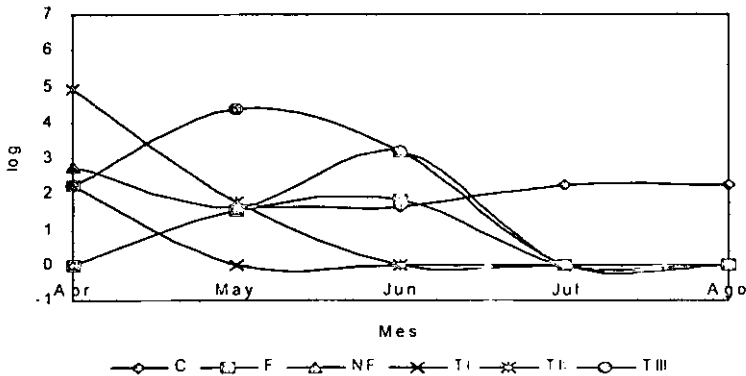


Fig. 27. Logaritmo del número de protozoarios en el Suelo Desnudo de la Zona Degradada

Como se puede observar, cada sitio de muestreo presentó distintos comportamientos. Es notable que en todas las muestras la variación poblacional de cada grupo en julio-agosto fue muy ligera.

Por grupo

Los ciliados en la zona conservada no se observaron en junio, en abril y mayo se presentaron en cantidades de 58 a 283; en julio se vuelven a registrar y se da una elevación muy pequeña hacia agosto (fig. 28a). En la zona degradada cada muestra tuvo variaciones distintas en cada muestra (fig. 28b)

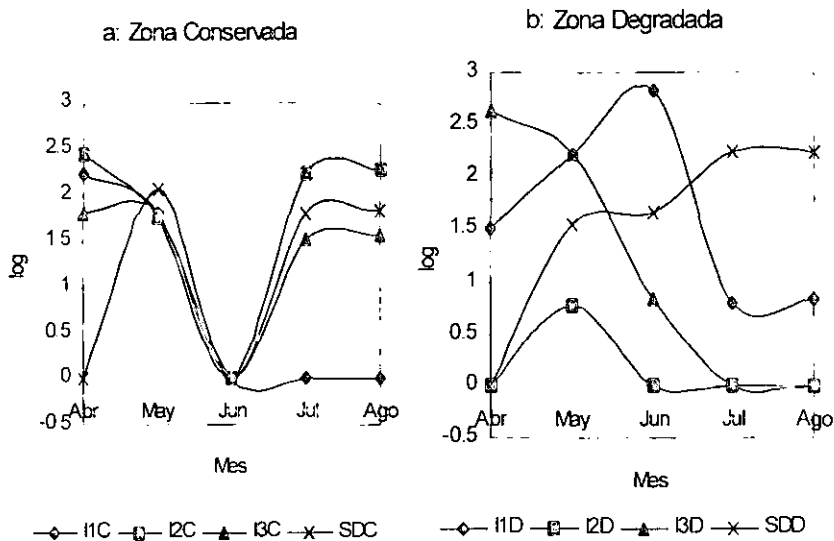


Fig. 28. Logaritmo del número de ciliados en la zona conservada y degradada.

En el caso de los flagelados, las fluctuaciones poblacionales, tampoco permiten agrupar las muestras por la zona de donde se tomaron. En todas las muestras se dio un aumento de abril a mayo, excepto en las islas de recursos 2 de la zona conservada que presentó el mismo número de individuos (171) y la 2 de la zona degradada en la que no se observó este grupo en estos meses (fig. 29 a y b).

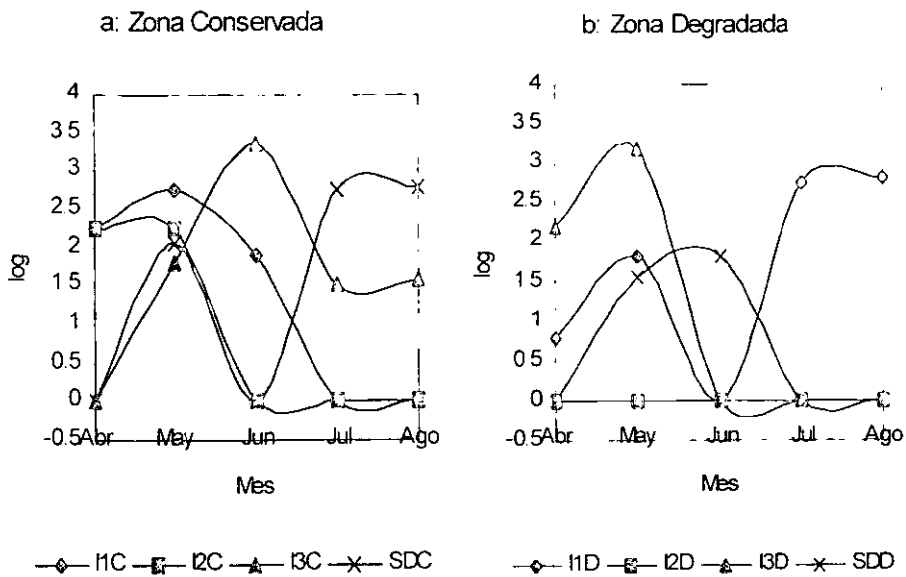


Fig. 29: Logaritmo del número de flagelados en la zona conservada y degradada.

Los nanoflagelados también presentaron cambios distintos en cada muestra y sus fluctuaciones poblacionales fueron muy amplias, desde su ausencia hasta registrar cerca de 10 000 organismos (fig. 30 a y b)

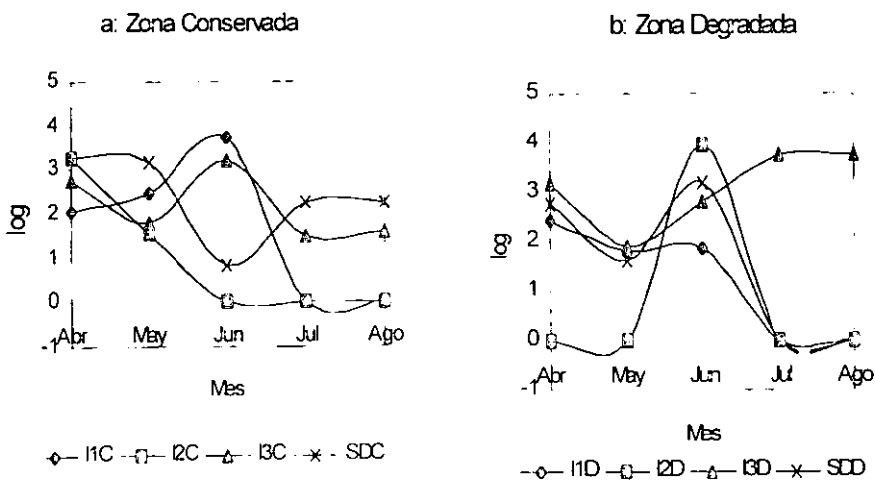


Fig. 30: Logaritmo del número de nanoflagelados en la zona conservada y degradada

Las amebas TI en la zona conservada no se registraron en abril y mayo, excepto la isla de recursos 3 de la zona conservada, que en abril tuvo 171 ind./g suelo, pero en mayo tampoco registraron estas amebas; hacia julio-agosto en dos muestras aumentó la población y en dos disminuyó (fig. 31a). En la zona degradada los cambios fueron distintos en cada muestra, solo se nota la ausencia de este morfotipo de amebas en julio en 3 de las cuatro muestras (fig. 31b).

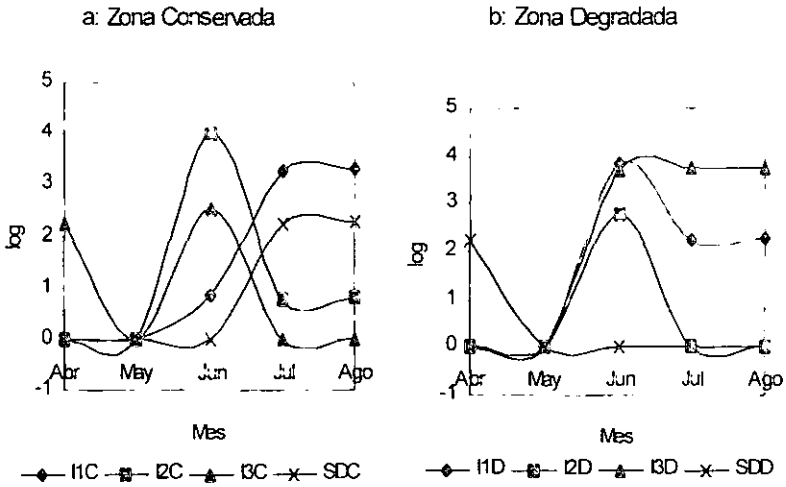


Fig. 31. Logaritmo del número de amebas TI en cada muestra durante el estudio

Las amebas TII tuvieron el mayor número de organismos en las islas de recursos de la zona conservada en el mes de abril, con poblaciones de 558 a 83 180 ind./g suelo. A partir de este mes se observa un decremento hasta que en junio no se observaron, el suelo desnudo solo tuvo estas amebas en junio, aunque fueron menos de 10 ind./g suelo (fig. 32 a). En la zona degradada no se observan patrones de comportamiento similares; solo en julio y agosto, en las 4 muestras no se observó este grupo (fig. 32b).

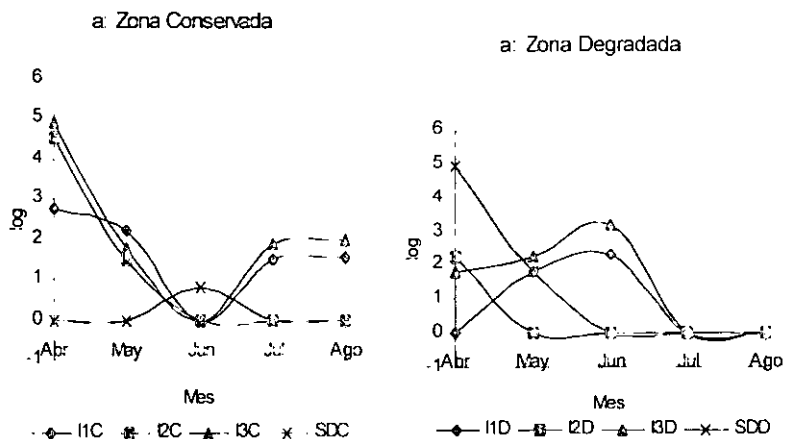


Fig. 32. Logaritmo del número de amebas TII en cada muestra durante el estudio

La amebas TIII no se observaron en las islas de recursos 2 y 3 de la zona degradada. De mayo a junio las islas de recursos de la zona conservada tuvieron un decremento; en julio no se observaron esta amebas. En el resto de los datos no se observan tendencias que agrupen a las muestras por su origen (fig. 33).

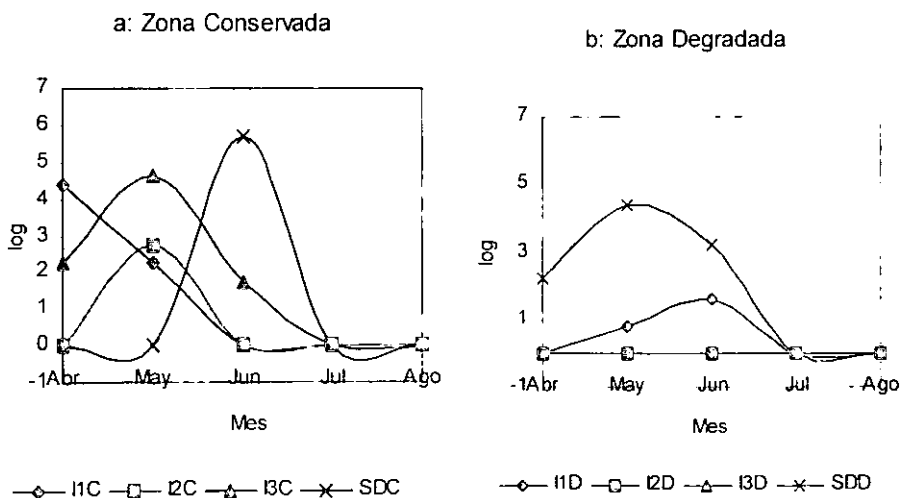


Fig. 33. Logaritmo del número de amebas TIII en cada muestra durante el estudio

10.2.3 Correlación del número de actinomicetos, bacterias, estrategias r, k y protozoarios.

En las islas de recursos de la zona conservada (fig. 34), se formaron tres grupos; en el primero, se observó un triángulo de correlaciones entre el número de bacterias totales con el número de estrategias r ($r= 0.96$), bacterias totales con estrategias k ($r= 0.991$), y entre el número de estrategias r y k ($r= 0.96$); en el segundo grupo los flagelados tuvieron correlación con los nanoflagelados ($r= 0.81$) y con la cantidad de amebas TIII ($r= 0.83$) y, finalmente, en el tercer grupo las amebas TI tuvieron correlación con los ciliados ($r= -0.99$) y con las amebas TII ($r= -0.85$) y estos dos grupos, ciliados y amebas TII, también tuvieron una correlación significativa ($r= -0.88$)

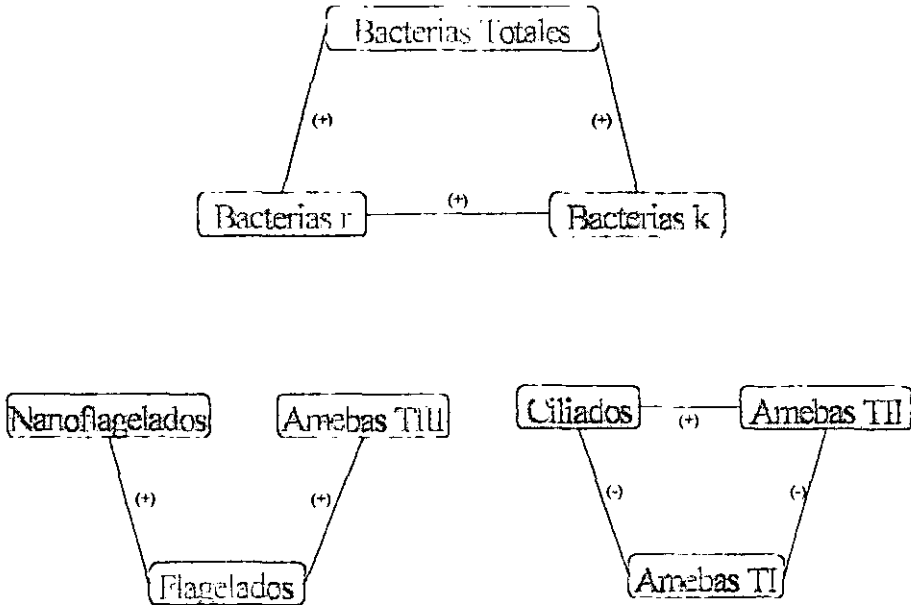


Fig. 34 Diagrama de las correlaciones significativas encontradas en las Islas de recursos de la zona Conservada

En el suelo desnudo conservado (SDC) (fig. 35), las estrategias k se correlacionan con las amebas TI ($r = -0.76$), con los flagelados ($r = -0.93$) y con el número de ciliados ($r = 0.88$); los flagelados además tuvieron correlación con las amebas TI ($r = 0.8$) y con los ciliados ($r = 0.96$); por otro lado las estrategias k presentaron el mismo valor de correlación con las amebas TII y TIII ($r = 0.84$); y, por tanto, los dos tipos de amebas mostraron una alta correlación ($r = 1$), además ambos grupos mostraron correlación con los nanoflagelados ($r = -0.87$) y con las bacterias totales ($r = 0.82$). El número de bacterias totales tuvo correlación con estrategias r ($r = 0.79$) y estas, a su vez, con los actinomicetos ($r = 0.86$).

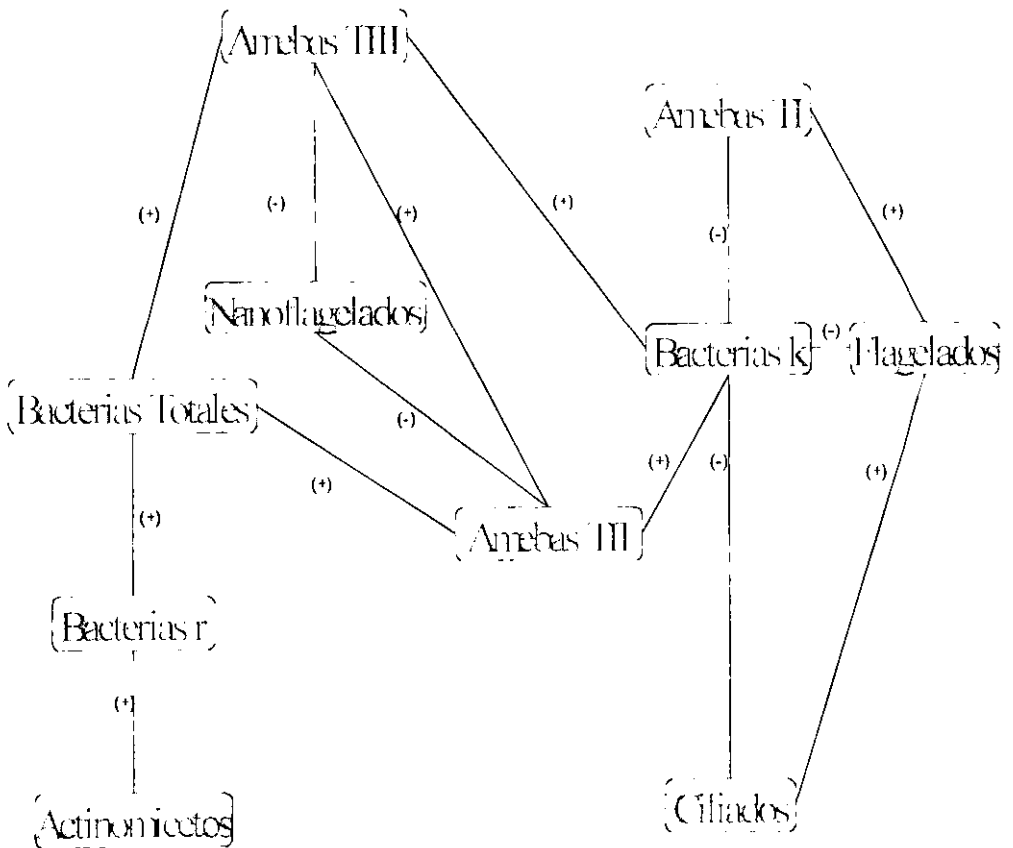


Fig. 35 Diagrama de las correlaciones significativas encontradas el Suelo Desnudo de la zona Conservada

En las islas de recursos de la zona degradada (fig. 36), se observa que el mayor número de correlaciones se da con las amebas amebas TII; con bacterias totales ($r = -0.835$) y al separarlas por su estrategia de colonización r ($r = -0.946$) y k ($r = -0.721$), nanoflagelados ($r = 0.731$) y con el número de ciliados ($r = 0.88$). Las bacterias totales además se correlacionaron con el número de estrategias r ($r = 0.95$), k ($r = 0.96$) y con el número de ciliados ($r = -0.77$). También hubo correlación entre el número de estrategias r y k ($r = 0.89$), ciliados-estrategas r ($r = -0.9$) y ciliados-estrategas k ($r = -0.71$). Los nanoflagelados tuvieron correlación con la cantidad de flagelados ($r = -0.84$), estos con las amebas II ($r = -0.85$) y finalmente, la cantidad de amebas TI con el número de actinomicetos ($r = 0.85$).

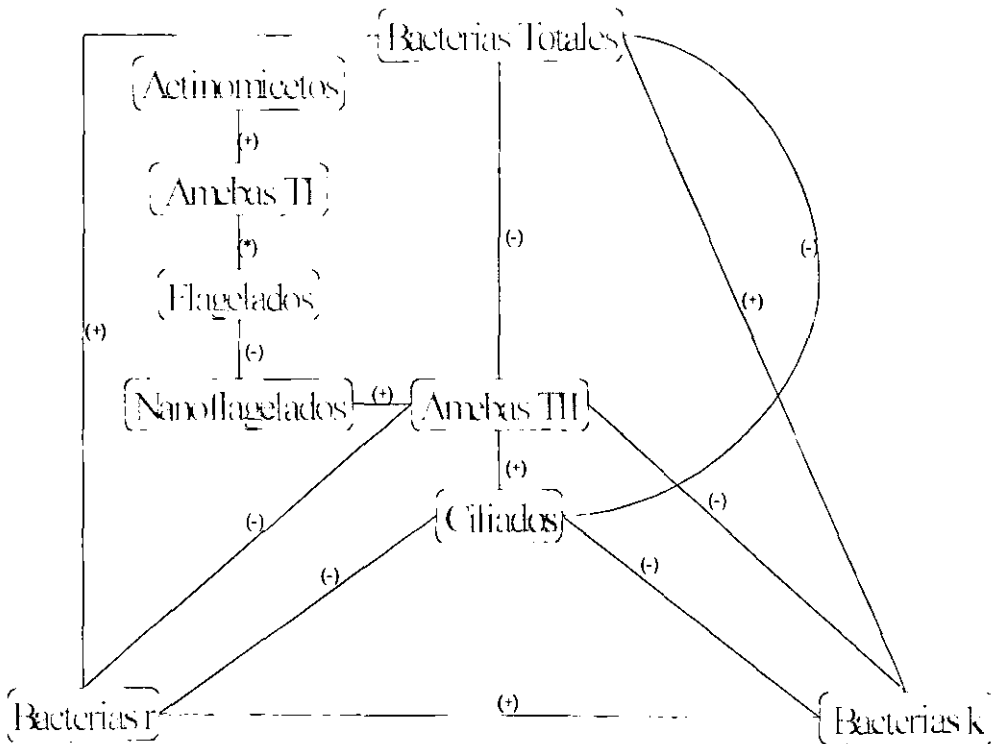


Fig. 36 Diagrama de las correlaciones significativas encontradas en la Isla de recursos I de la zona Degradada

En el suelo desnudo degradado (SDD) (fig. 37), también se dan múltiples interacciones. Los ciliados se correlacionan con las amebas II ($r = -0.94$), TII ($r = -0.94$) y con nanoflagelados ($r = -0.7$). Las estrategias k muestran correlación con el número de bacterias totales ($r = 0.8$), amebas TII ($r = -0.77$), TIII ($r = -0.85$), ciliados ($r = 0.83$) y

nanoflagelados ($r = -0.83$): estos últimos tuvieron correlación con las amebas TIII ($r = 0.74$), con las bacterias totales ($r = -0.92$) y con las estrategias r ($r = -0.76$); las últimas correlaciones se dieron entre las amebas T1 y TII ($r = 0.93$) y entre los flagelados y las amebas TIII ($r = 0.83$).

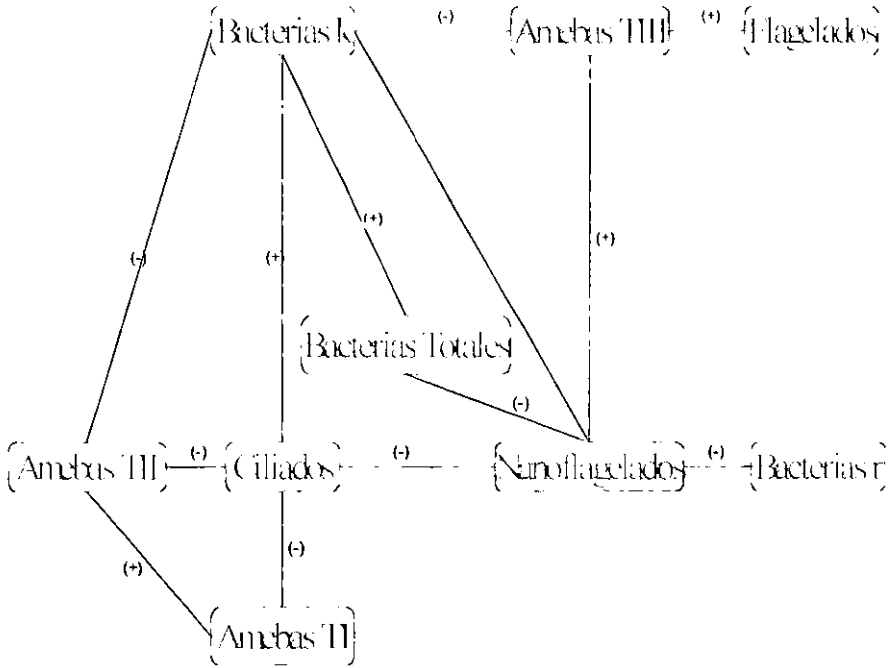


Fig. 37. Diagrama de las correlaciones significativas encontradas en el Suelo Desnudo de la zona Degradada.

10.2.4 Especies de ciliados encontradas durante el estudio

Descripción taxonómica

Se registraron 30 especies pertenecientes a 20 géneros, los cuales se agruparon en 12 familias, 6 subordenes, 7 ordenes, 4 subclases y 3 clases, como se detalla a continuación.

Clase: Polyhymenophora

Orden: Hipotrichida

Suborden: Stichotrichina

Familia: Holostichidae

Género: *Amphisella*

Especie: *A. acuta*

Género: *Holosticha*

Especie: *H. adam*

Especie: *H. sigmoides*

Género: *Keronopsis*

Especie: *K. sp.*

Suborden: Sporadotrichina

Familia: Oxytrichidae

Género: *Gastrostyla*

Especie: *G. steinii*

Género: *Histiculus*

Especie: *H. muscorum*

Género: *Urosoma*

Especie: *U. acuminata*

Especie: *U. cienkowsky*

Especie: *U. macrostyla*

Género: *Urosomoida*

Especie: *U. agilis*

Especie: *U. dorsincisura*

Género: *Hemisincirra*

Especie: *H. gracilis*

Especie: *H. gellerti*

Familia: Aspidiscidae

Género: *Aspidisca*

Especie: *A. sp.*

Orden: Heterotrichida

Suborden: Heterotrichina

Familia: Spirostomidae

Género: *Blepharisma*

Especie: *B. sp*

Género: *Metopus*

Especie: *M. hasen*

Especie: *M. sp*

Familia: Bursariidae

Género: *Bursaria*

Especie: *B. sp*

Clase: Oligohymenophora

Subclase: Hymenostomata

Orden: Scuticociliatida

Suborden: Philasterina

Familia: Cinetochilidae

Género: *Cinetochilum*

Especie: *C. Sp*

Suborden: Pleuronematina

Familia: Cyclidiidae

Género: *Cyclidium*

Especie: *C. sp*

Orden: Hymenostomatida

Suborden: Peniculina

Familia: Parameciidae

Género: *Paramecium*

Especie: *P. sp.*

Clase: Kinetofragmophora

Subclase: Vestibulifera

Orden: Colpodida

Familia: Colpodidae

Género: *Colpoda*

Especie: *C. aspera*

Especie: *C. cucullus*

Especie: *C. inflata*

Especie: *C. maupasi*

Especie: *C. steinii*

Género: *Tillina*

Especie: *T. magna*

Subclase: Gymnostomata

Orden: Pleurostomatida

Familia: Amphileptidae

Género: *Litonotus*

Especie: *L. sp*

Género: *Loxophilum*

Especie: *L. sp*

Orden: Haptorida

Familia: Tracheliidae

Género: *Myriokaryon*

Especie: *M. sp*

Por muestra

Los organismos que se presentaron con mayor frecuencia en todas las muestras pertenecían al género *Colpoda* (fig. 38) (con porcentajes de 21.42 a 60.87%); en el caso de I2C e I3C, también se presentó un porcentaje considerable de organismos pertenecientes al género *Cinetochilum* (23.53% y 20%) en el caso de SDC también fue importante la presencia de *Cyclidium* (33%). Un caso particular fue la isla de recursos 3 de la zona degradada (I3D) en donde *Cinetochilum sp.* fue tan frecuente como el género *Colpoda*. También se debe hacer notar que el SDD solo se registró una especie.

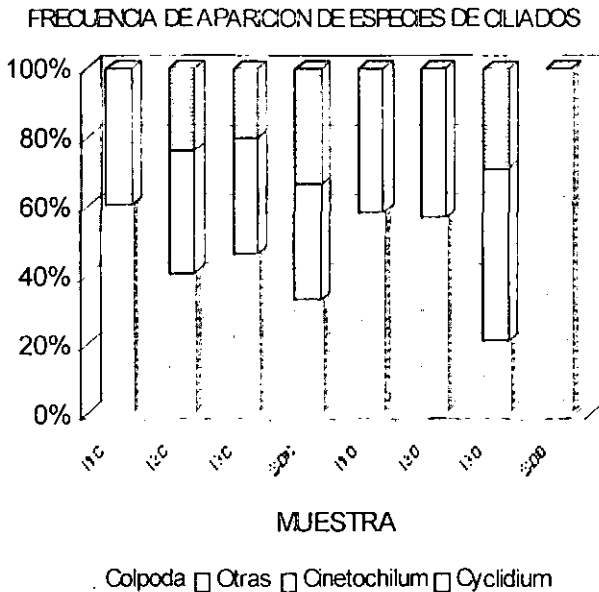


Fig. 38 Proporción de las especies de ciliados durante el estudio en cada muestra expresado en porcentaje.

Por estrategia de colonización

En el caso de las estrategias de colonización vemos en la fig. 39, que en las islas de recursos del sitio conservado los estrategas r tienen una mayor proporción seguidas en distintos porcentajes de estrategias k e intermedios. En el sitio degradado, también se observa esta tendencia, una mayor proporción de estrategias r seguidas de estrategias k y de organismos intermedios, llegando al extremo SDD, en el que solo se registro un organismo de estrategia r. Un caso particular fue I3D ya que presenta un patrón invertido (intermedios>k>r)

FRECUENCIA DE ESPECIES DE ACUERDO A SU ESTRATEGIA

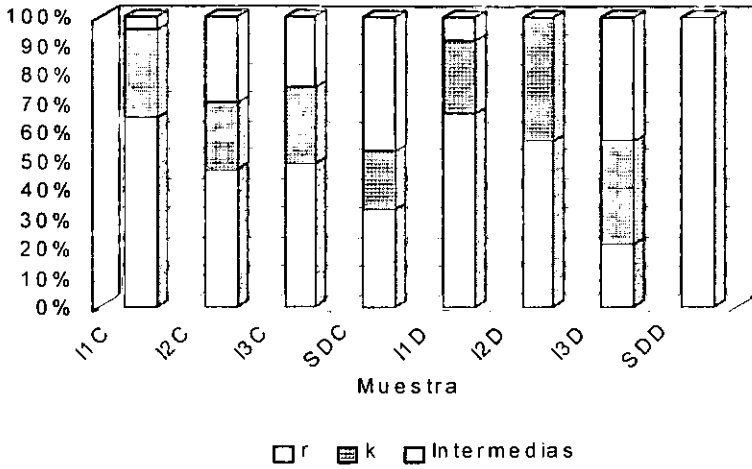


Fig. 39. Proporción de estrategias r/k de especies de ciliados registradas durante el estudio

Al estimar la proporción r/k (fig. 40) se obtuvieron valores mayores a 1 en todas las muestras a excepción de la isla de recursos 3 de la zona degradada en la que se obtuvo un valor de 0.6.

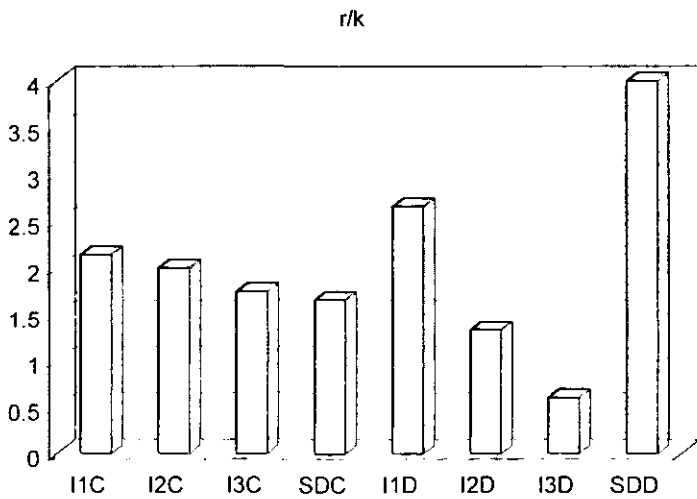


Fig. 40 Proporción r/k de las especies de ciliados registrados en cada muestra durante el estudio

Análisis de similitud por presencia ausencia de especies (TWINSPAN)

Este análisis de doble vía para especies y áreas de trabajo muestra tres grupos, en el primero se ubicaron las tres islas de recursos de la zona conservada, en el segundo, el suelo desnudo de la zona conservada y las islas de recursos 1 y 3 de la zona degradada y, la isla de recursos 2 y el suelo desnudo de la zona degradada formaron el tercer grupo.

En la agrupación por especies, se establecen 2 grupos, en el primero se encuentran *H. muscorum*, *C. maupasi* y *Cinetochilum sp.* y en el segundo, se encuentran *C. aspera*, *C. steini* y *Metopus sp.* Las dos especies restantes, *U. dorsincisura* y *C. inflata* quedaron aisladas de los dos grupos anteriores.

	<u>12346758</u>	
3 <i>Colpoda inflata</i>	111-----	00
1 <i>Cinetochilum sp.</i>	111111--	010
4 <i>Colpoda maupasi</i>	1111-1--	010
6 <i>Histriculus muscorum</i>	1-11----	010
8 <i>Urcosomoida dorsincisura</i>	1--11---	011
2 <i>Colpoda aspera</i>	1111111-	1
5 <i>Colpoda steinii</i>	11111111	1
7 <i>Metopus sp.</i>	111-1-1-	1
	00000011	
	000111	

Uso de las claves

- 1: I1C
- 2: I2C
- 3: I3C
- 4: SDC
- 5: I1D
- 6: I2D
- 7: I3D
- 8: SDD

10.6 ANÁLISIS MULTIVARIADO

El análisis de componentes principales para cada una de las zonas muestra que en la zona conservada los factores nutrimentales que están cambiando junto con las poblaciones son los niveles de potasio, amonio, fierro y magnesio (fig. 41a). En la zona degradada los factores significativos fueron, nitratos, nitritos, fósforo, humedad y manganeso (fig. 41b).

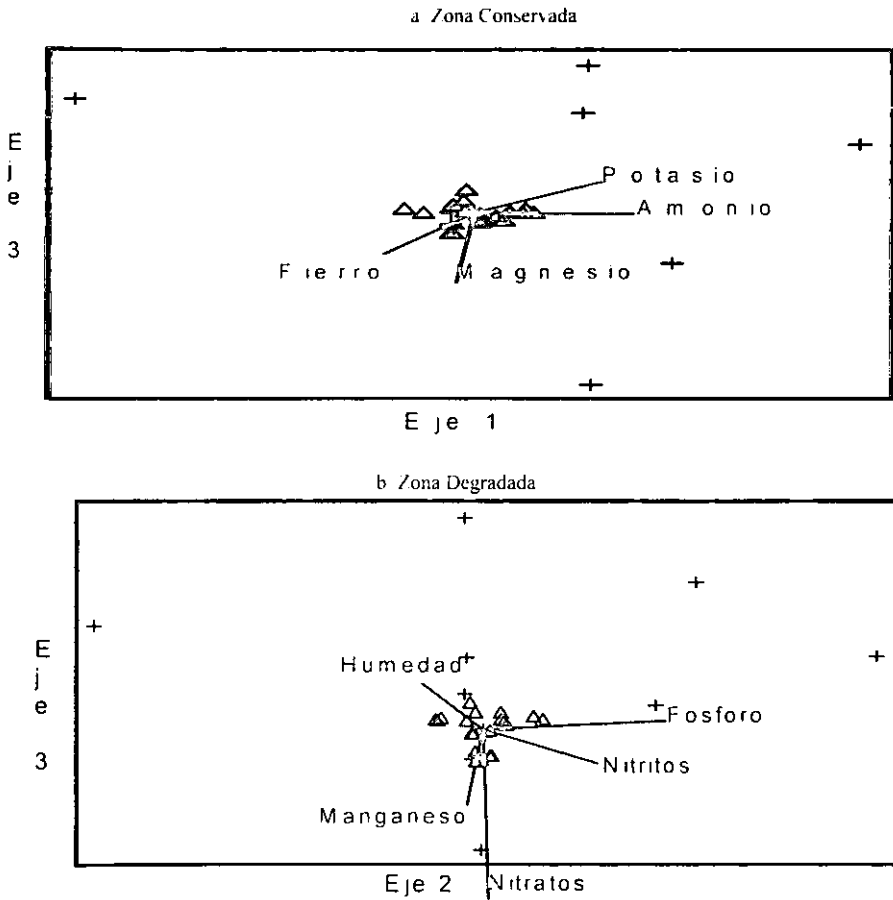


Fig. 41 Gráfico obtenido del analisis de componentes principales, en cada zona.

XI. DISCUSIÓN

11.1 Islas de recursos vs. suelo desnudo

El mayor grado de compactación en el suelo desnudo, de la zona conservada y en las islas de recursos de la zona degradada, puede ser importante para evitar la pérdida del suelo, pues la estabilidad de los agregados, aumenta la capacidad de infiltración, reduciendo las corrientes, por lo que hay un arrastre mínimo de partículas (Morgan, 1996); en el caso de las islas de recursos de la zona conservada, la menor compactación puede ser un factor que promueva la erosión del suelo, pero el dosel del arbusto disminuye la fuerza con que caen las gotas de lluvia, permitiendo una mayor infiltración y evitando la pérdida de partículas, mientras que en la zona degradada, el suelo sin cubierta vegetal no ofrece resistencia al arrastre como lo muestran los estudios hechos por Hudson y Jackson (1959), que encontraron una menor pérdida de suelo en un área cubierta que una donde el agua caía sin intercepción; este comportamiento también se observó en suelo cubierto por matorrales en una zona semiárida en España (Morgan, 1996); la menor compactación en la zona conservada puede atribuirse a la mayor actividad biótica bajo la influencia de la vegetación, debido a la mayor concentración de materia orgánica en esta área modificando la estructura del suelo (Reynolds, et. al.,1999); característica que no se evaluó en este estudio, pero que debe ser considerada pues la información acerca del arreglo de las partículas en los agregados, podría explicar la mayor capacidad de campo encontrada para la zona conservada debido a las modificaciones en la porosidad, además de determinar la distribución de los microorganismos que depende de el tamaño del poro (Hattori, 1994): en poros grandes se desarrollan organismos aeróbicos y en los pequeños, organismos anaeróbicos (Bamforth, 1985). Aquí entra en juego otro factor, la textura, que se clasificó como frnaca, con variaciones entre cada muestra de arcillosos a arenosos, lo que habla de suelos propensos a la erosión, por su alto contenido de arenas, partículas que si bien promueven una alta porosidad, no favorecen la formación de agregados (Muñoz-Iniestra, et al., 2000), por lo que el agua no se retiene en el suelo, lo cual puede ser modificado por la estructura.

Las variaciones texturales observadas, sin embargo no afectaron el porcentaje de porosidad al comparar las islas de recursos y el suelo desnudo en ambas zonas de manera significativa y, debido a la proporción de arenas-limos-arcillas, se tuvieron valores de

alrededor del 50% que se consideran altos (Muñoz-Iniestra, et. al.,2000); en consecuencia, se esperarían, altas tasas de infiltración según Morgan (1996), debido a la gran cantidad de espacios entre las partículas; la diferencia entre zonas, en cuanto a capacidad de campo, pueden estar influidas por la estructura, por lo que también la capacidad de campo fue alta. El que no se hayan presentado diferencias significativas entre las islas de recursos y el suelo desnudo en cuanto a la porosidad, puede deberse a que el crecimiento radical influye directamente en la estructuración del suelo, pues agrandan los poros mas pequeños que el diámetro de la raíz, empujando las partículas (Killham, 1994); este hecho asociado a las observaciones en campo, sobre el crecimiento explosivo de las raíces secundarias en la época húmeda hasta zonas sin influencia del dosel, muestra la importancia del sistema radical para la conservación de los porcentajes de porosidad en este suelo.

En este estudio se observo en la zona conservada una correlacion entre el porcentaje de humedad al momento del muestreo, los niveles de fierro, manganeso, nitratos, fósforo y los parámetros biológicos; por su parte en la zona degradada, los nutrimentos tuvieron un comportamiento particular para cada muestra, respondiendo de un modo distinto a la perturbación ambiental; debido a su heterogeneidad, los nutrimentos con fluctuaciones asociadas a los parámetros biológicos fueron fierro, nitritos y amonio que si bien no presentaron la uniformidad de la zona conservada, si se dan cambios que pueden deberse a asociaciones entre la población de bacterias, actinomicetos y protozoarios y la humedad al momento del muestreo.

La disminución del número de actinomicetos, en la zona conservada después del crecimiento en mayo, puede ser atribuida mas bien a factores ambientales, Stout y Heal (1977), mencionan al respecto que *Streptomices*, tiene su crecimiento optimo en condiciones alcalinas, como en las muestras de este estudio, y también requiere poca humedad, por lo que el aumento en la disponibilidad de agua, puede haber limitado su crecimiento, ya que a partir de mayo las poblaciones tendieron a disminuir, aun cuando en el siguiente mes, hubo menos humedad no se volvió a observar crecimiento. En el suelo desnudo de la zona degradada el crecimiento continuo de los actinomicetos durante el estudio a pesar del alto contenido de humedad de junio puede deberse a la poca cobertura vegetal en la zona, junto con la radiación solar, estos factores en conjunto, disminuyen la cantidad de agua, además del pH alcalino ya mencionado. Otro aspecto que pudo haber influido es la baja tasa de depredación sobre este grupo, pues estudios con amebas han mostrado que en general son

indeseables como alimento (Küster, 1977)). La disminución en agosto por tanto puede deberse al cambio en las condiciones del lugar, como el agotamiento de algún recurso.

La proporción de bacterias por estrategia de colonización, en ambas zonas tuvo ligeras variaciones reflejando un crecimiento homogéneo de los dos tipos de estrategias, además los valores tan cercanos a 1, durante todo el estudio, nos habla de la estabilidad del sistema, ya que tiene una cantidad igual de estrategias r y k. Además, ya que no se dieron diferencias entre las islas de recursos y el suelo desnudo se puede asumir que no son un buen indicador del deterioro. La presencia de un mayor número de estrategias k puede atribuirse a que al inicio de la época húmeda, los estrategias r, explotaron los compuestos de fácil acceso, como glucosa, pero al agotarse este recurso, pueden desarrollarse las estrategias k aunque hay poblaciones que al parecer son capaces de cambiar de r a k según la disponibilidad de recursos.

De abril a mayo se dio un aumento en la población de bacterias, tanto en la zona conservada como degradada aun cuando no se había iniciado la temporada de lluvias, sin embargo los datos de Neri-Gámez (2000) mencionan presencia de humedad en el ambiente en mayo, la cual al parecer fue suficiente para activar a estos microorganismos; en cuanto a los niveles de nutrimentos, también se observó una disminución en la disponibilidad de fierro, manganeso y nitratos, sugiriendo el empleo de estos por los microorganismos y/o por las plantas (Richards, 1987). Respecto a los protozoarios, el aumento de flagelados y nanoflagelados en las isla de recursos 1, de amebas TIII en la 2 y en la 3 y de flagelados en el suelo desnudo, mientras en la zona degradada aumentaba el número de ciliados, flagelados, nanoflagelados y amebas TIII en la isla de recursos 1, el número de ciliados en la 2, los flagelados en la 3 y los flagelados y amebas TIII en el suelo desnudo a pesar de que no se afectó el número de bacterias, posiblemente se deba a que el tamaño pequeño, una de las adaptaciones al ambiente edáfico, mencionadas por Stout y Heal (1977), permite el desarrollo de estas poblaciones con pocos recursos; además Bamforth (com. pers.) sugiere que a pesar de la depredación, las poblaciones bacterianas pueden mantenerse debido a su alta tasa reproductiva; en la zona degradada a excepción de los nanoflagelados y las amebas TII el crecimiento de el resto de los grupos de protozoarios, pueden estar mostrando su habilidad para desarrollarse con poca humedad, aunque no a su nivel óptimo, pues las películas de agua y el tamaño de los poros (Stout, 1977) determinan el grado de actividad de los organismos. La disminución en la disponibilidad de amonio en 3 de las 4 muestras, en

la zona conservada puede deberse al aprovechamiento de este nutrimento por plantas y microorganismos, aunque en la zona degradada los cambios fueron distintos en cada muestra.

Junio fue el mes mas húmedo; en la zona conservada los cambios en las poblaciones de bacterias fueron muy pequeños y un aumento en los niveles de fósforo nitratos y fierro, reflejando la liberación de los nutrimentos de la biomasa microbiana debido a su consumo por protozoarios, sus principales depredadores (Bamforth, 1985); esta idea se apoya en los registros obtenidos en este mes, pues en todas las muestras, se obtuvo el mayor número de organismos del periodo de estudio aunque fueron grupos distintos en cada muestra. Su crecimiento sugiere la participación activa de los protozoarios, en el control de las poblaciones bacterianas, además, es notable la participación de las amebas en este mes ya que del grupo de protozoarios, se consideran las mas abundantes en el suelo, por lo que su participación como liberadores de nutrientes de la biomasa microbiana es fundamental (Rodríguez-Zaragoza, 1994). La disminución de amonio posiblemente refleja su utilización por las plantas y microorganismos. En la zona degradada, las poblaciones de protozoarios crecieron presentando el mayor número de individuos de todo el estudio, asociado a la disminución de bacterias, mostrando la relación de depredación entre estos dos grupos, puesto que las películas de agua son mayores, permiten el desplazamiento de los protozoarios a través de todos los poros.

En julio, con menos agua en el suelo de la zona conservada, las poblaciones bacterianas, cambiaron de modo distinto en cada muestra, mientras que, los protozoarios mas abundantes en junio sufrieron un decremento; en la zona degradada también la mayoría de los protozoarios disminuyó o se mantuvo, por lo que debe haber algún otro factor en este mes que este provocando estos cambios. Por otro lado, el aumento de nitritos y la conservación en los niveles de amonio pueden estar reflejando la liberación de sustancias de desecho (Richards, 1987) posiblemente debido a su consumo por otros grupos, como nematodos, pues se ha observado que estos crecen mejor en suelos con amebas, por lo que se ha sugerido que los protozoos proveen comida extra, al consumir bacterias que están en poros inaccesibles para organismos de mayor talla (Hattori, 1994), además también pueden estar participando rotíferos que se observaron en las muestras analizadas; los grupos que se presentan deben consumir otras presas además de bacterias, o bien, no son tan voraces, por

lo que su efecto no se nota en el número de bacterias y por supuesto no se debe descartar otros depredadores.

En el último mes de muestreo, el aumento de la humedad (aunque no a los niveles registrados en junio) en ambas zonas disminuyen las poblaciones bacterianas, y todos los grupos de protozoarios apenas presentan cambios en el número de organismos del mes anterior; posiblemente por el efecto de los depredadores de mayor tamaño, que pueden consumir tanto protozoarios como bacterias (Hattori, 1994). Otro factor que puede estar influyendo, es la humedad, pues Losina-Losinsky y Martinov (1930) encontraron que *Colpoda stenii* requiere un mayor contenido de humedad para poder activarse comparado con la ameba *Vahlkampfia sp.*, en condiciones de laboratorio (Stout y Heal, 1977), por lo que el menor contenido de humedad, en comparación con junio, no permita el movimiento de algunos grupos.

Una vez que se han discutido las particularidades en la zona conservada y la degradada se pueden considerar las diferencias entre zonas.

11.2 Zona conservada vs. Zona degradada

A pesar de las diferencias dentro de cada zona, podemos decir que la menor densidad aparente, mayor porosidad y menor compactación de la zona conservada están asociadas con la influencia de la mayor cobertura vegetal, que al perderse lleva a la compactación del suelo. Las características que se observa en la zona degradada se ajustan a este modelo. Este cambio en el aspecto físico ya se ha observado en estudios como el de Albaladejo et. al. (1998) quien encontró que después de 55 meses de haber retirado la vegetación en una zona semiárida, cambian características como la densidad aparente y la estabilidad de los agregados. Este cambio puede deberse a que el dosel funciona como una cubierta de protección, reduciendo la erosión por efecto de la lluvia al aminorar la fuerza con la que caen las gotas de lluvia (Morgan, 1995). Además, el crecimiento radical contribuye a aumentar la porosidad del suelo, ya que el empuje de las raíces reacomoda las partículas (Killham, 1994) evitando la compactación. Las clases texturales no fueron distintas entre zonas, ubicándose en el área de los migajones, que como ya se mencionó, son suelos moderadamente susceptibles a la erosión por su alto contenido de arenas que no permite la agregación de las partículas (Muñoz-Iniestra, et. al., 2000).

Una característica física que hay que recalcar debido a su importancia es, la humedad al momento del muestreo, pues como ya se ha mencionado (Steinberger, 1995; Steinberger y Loboda, 1991; Rodríguez-Zaragoza y García, 1997; Wall, et. al., 1999) es el factor regulatorio de la actividad de los organismos de zonas áridas a todos los niveles. En este estudio se encontró una diferencia clara, ya que la zona conservada tuvo mayores porcentajes de humedad que la zona degradada debido a las diferencias de porosidad y grado de compactación y, posiblemente, la mayor radiación solar debido a la escasa vegetación de la zona degradada elevó los niveles de transpiración.

Los niveles de fósforo, potasio, magnesio, manganeso y calcio, como se pudo notar, no presentaron comportamientos que pudieran establecer diferencias dentro de cada zona y, al compararlas, es notable que las que sí se pudieron asociar a las fluctuaciones poblacionales fueron las distintas formas del nitrógeno evaluados nitritos, nitratos y amonio- en la zona conservada, pero en la zona deteriorada solo los nitritos presentaron esta relación, por lo que el ciclo de nitrógeno podría ser un indicador de la perturbación que este sufriendo un área, aunque este cambio parece lógico dada la importancia de este elemento en todos los ecosistemas, y particularmente en zonas áridas. Se ha observado que los arbustos reabsorben el nitrógeno foliar como adaptación a su ambiente, por lo que la hojarasca así producida es de mala calidad lo que afecta a los microorganismos (Steinberger, 1991) que dependen en gran medida de esta fuente para la síntesis de moléculas nitrogenadas como aminoácidos y ácidos nucleicos. Otro nutrimento que tuvo relación con los parámetros biológicos fue el hierro, el cuál requieren los microorganismos en pequeñas cantidades, aunque juega un papel importante en el ciclo el nitrógeno, ya que se sabe que el complejo enzimático que reduce el nitrógeno molecular, requiere de hierro además de azufre y molibdeno (Richards, 1987), de modo que las diferencias entre la zona conservada y la degradada podrían estar mostrando cambios de la población en cuanto a sus demandas de hierro. Es importante recalcar la variación espacio-temporal encontrada en este estudio, pues, por un lado, las diferencias entre muestras y entre zonas reflejan la heterogeneidad espacial que ya ha sido mencionada para otro ambiente extremo; los valles secos del Antártico, donde se ha observado una gran variación en las propiedades físicas y químicas a pequeña escala (<1m²) (Wall, et. al., 1999).

11.3 Correlación de bacterias, actinomicetos y protozoarios durante el estudio.

Los esquemas creados a partir de esta prueba, muestran las relaciones que se presentaron en las islas de recursos de cada zona y en los suelos desnudos.

Se observa, que en las islas de recursos de ambas zonas, la población bacteriana estuvo conformada por igual proporción de estrategias r y k, por lo que se da la correlación positiva con el número de bacterias totales; el hecho de que en los suelos desnudos no se presente esta correlación puede ser un indicador, debido a que en la zona conservada, las estrategias r se presentaron en mayor número que las estrategias k, mientras que en la zona degradada se dio la situación inversa, contribuyendo, en mayor medida, a la población bacteriana las estrategias k; siendo interesante este hecho, ya que por las características que los definen, se esperaría una dominancia de las bacterias k en la zona conservada y de las r en la degradada.

El hecho de que en cada muestra crecieran varios grupos de protozoarios al mismo tiempo, puede atribuirse a la explotación de poros de distintos tamaños, así, los organismos de dimensiones menores (como los flagelados, nanoflagelados, algunos ciliados y amebas pequeñas) se protegen de predadores y el ambiente en pequeños poros (Bamforth, 1997), mientras los ciliados y amebas de mayor tamaño se ven restringidos a espacios más grandes para vivir, por lo que explotan recursos distintos, aunque se sabe que algunos ciliados pueden crear corrientes de agua para sacar bacterias de poros inaccesibles (Hattori, 1994). El hecho de que algunos grupos no pudieron desarrollarse en presencia de otros, como las amebas T1, en las islas de recursos de la zona conservada, donde solo pudieron crecer cuando los ciliados y las amebas T11 disminuyeron, merecería mayor atención pues sugeriría la explotación de los mismos recursos esto es, alimento y/o espacio, por lo que la correlación negativa encontrada al menos entre un grupo de protozoarios y las bacterias ya sea totales o por estrategia de colonización, mostraría la depredación sobre la población bacteriana, como ya se ha observado en modelos de laboratorio donde, *Vorticella*, se alimenta de las bacterias aumentando su población pero, cuando al cultivo se agrega un carnívoro como *Hemiphys* la población de *Vorticella* se deprime, mientras el carnívoro alcanza su nivel máximo, (permitiendo además la recuperación de la población bacteriana) hasta que su fuente de alimento se agota por lo que su número disminuye, permitiendo el crecimiento del bacterívoro (Hausmann y Hülsmann, 1996). Los principales depredadores de protozoarios en condiciones naturales son, como ya se ha mencionado, nematodos y

rotíferos, por lo que las correlaciones que muestran el desplazamiento de un grupo por otro, pueden ser explicadas por la explotación de los mismos recursos sin descartar la posibilidad de una relación depredador - presa. Los actinomicetos tuvieron una correlación positiva con las bacterias con estrategia r en el suelo desnudo de la zona conservada; el que puedan crecer ambas poblaciones, podría estar relacionado con la presencia de actinomicetos que no produzcan antibióticos así que no afectarían a las bacterias. La otra correlación de actinomicetos se dio con las amebas T1 en las islas de recursos de la zona degradada, por lo que debe estar interviniendo un tercer factor que estimule ó detenga el crecimiento de ambas poblaciones. El que no se presenten correlaciones negativas, puede ser indicio de la segregación de antibióticos, que estén controlando las poblaciones de protozoarios ó bien, que no sean utilizados como fuente de alimento por este grupo.

11.4 Riqueza de especies de ciliados

El mayor número de especies encontradas en la zona conservada, puede estar asociado a la mayor porosidad y capacidad de campo, por lo que hay mas espacio disponible para el establecimiento de los organismos. además, debe haber distintos nichos para que puedan establecerse todas las especies, de modo que en la zona degradada la menor cobertura vegetal, porosidad y humedad y la mayor compactación, debe estar limitando el número de especies que se pueden establecer.

Esto se confirma con la dominancia del género *Colpoda* en 7 de las 8 muestras; en la otra *Cinetochilum* fue la mas abundante. estos dos organismos, se consideran edáficos debido a las características que presentan como tamaño pequeño y rápido enquistamiento, para tolerar los periodos de sequía (Stout, 1955); sobre todo en el caso de *Colpoda* para el que ya se ha establecido que es un estratega r, creciendo en condiciones muy tensas (Bamforth, 1995), como el suelo desnudo degradado, pues fue la única especie que se detectó, por lo que la proporción r/k tuvo valores mayores a 1 reflejando la mayor presencia de estrategias r aunque en la zona conservada los valores fueron similares. En la zona degradada, hubo mayores fluctuaciones, por lo que esta pueda ser una señal de la perturbación.

Otro aspecto a considerar es, el hecho de que la cuenta de ciliados entre zonas muestra en algunos casos un mayor número de organismos en la zona degradada, mostrando

que aun cuando las poblaciones entre zonas sean iguales, la composición de especies es menor y por tanto, la funcionalidad del sistema debe estar siendo afectada.

Los resultados obtenidos con el análisis de similitud sugieren que la riqueza de especies de ciliados puede ser un indicador del estado de degradación de las muestras analizadas, puesto que agrupan las islas de recursos de la zona conservada, dejando en otros dos conglomerados las muestras de la zona degradada y el suelo desnudo de la zona conservada: Es notable que la isla de recursos 2 y el suelo desnudo de la zona degradada, sean tan parecidos confirmando lo observado en cuanto al número de protozoarios, pues en estas dos muestras se registró el menor número de organismos.

11.5 Análisis multivariado

El análisis de componentes principales mostró que, en cada zona, los factores que probablemente estén determinando las poblaciones son distintos y, este cambio posiblemente sea una consecuencia de la degradación, aunque estos factores todavía deben evaluarse en condiciones de laboratorio para corroborar esta hipótesis.

XII. CONCLUSIONES

- Las características químicas, presentaron grandes fluctuaciones entre muestras, solo el fierro y las distintas formas del nitrógeno presentaron alguna asociación con la zona de donde se tomó la muestra, conservada ó degradada y, con las poblaciones bacterianas y de actinomicetos.
- No se observaron diferencias entre las islas de recursos y el suelo desnudo en la zona conservada en los aspectos evaluados en este estudio.
- Las islas de recursos y el suelo desnudo de la zona degradada sí fueron distintas en cuanto a sus características físicas, pero diferentes en cuanto a los parámetros químicos y biológicos
- Las características físicas sí mostraron diferencias entre la zona conservada y degradada
- La proporción de estrategias r/k de bacterias no mostró diferencias entre zonas.
- Las especies de ciliados y su estrategia de colonización mostró que en la zona degradada hay una mayor cantidad de estrategias r, por lo que este grupo, puede ser un indicador de la perturbación que pueda estar sufriendo un suelo.
- La riqueza de especies de ciliados presentes en cada muestra sugieren que este grupo puede ser un buen indicador del estado de conservación del suelo.

XIII. PERSPECTIVAS

- La varianza observada en los resultados obtenidos sugiere la necesidad de un muestreo mas intenso en futuros trabajos.
- Dado que esta varianza, en el caso de los niveles de nutrimentos, también puede deberse a la técnica utilizada, se requieren evaluaciones con los métodos normalizados.
- Los cambios poblacionales tan drásticos, en el número de protozoarios, requieren de trabajo en condiciones controladas, para poder elucidar las relaciones que se estén dando entre los grupos y, en el caso de la amebas, hacer modelos que nos muestren como los morfotipos pueden estar definiendo la dominancia de algunas poblaciones.
- La identificación de las especies de los otros grupos de protozoarios puede arrojar información valiosa sobre el estado de degradación del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

- Albaladejo, J., Martínez-Mena, M., Roldan, A., Castillo, V. 1998. Soil degradation and desertification induced by vegetation removal in a semiarid environment. *Soil Use and Management*, 14: 1-5.
- Anderson, R. O., Rogerson, A., 1995. Annual abundances and growth potential of *Gymnamoebae* in the Hudson Estuary with comparative data from the firth of Clyde. *Europ. J. Protistol.*, 31:223-233
- Bamforth, S. S. 1971. The numbers and proportions of testacea and ciliates in litters and soils. *J. Protozool.*, 18: 24-28.
- Bamforth, S.S.,1985. Symposium on Protozoan ecology: the role of protozoan in litters and soils *J. Protozool.*, 32: 404-409.
- Bamforth, S. S. 1988. Interactions between protozoa and other organisms. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 24: 229-234.
- Bamforth, S. S.1995. Interpreting soil ciliate biodiversity. En: *The significance and regulation of soil biodiversity*. H. P., Collins, G. P., Robertson, M. J., Klug (eds.) p.p. 179-184. Kluwer Academic Publishers. Holanda. p.p. 179-184.
- Bamforth, S. S., 1995b. Isolating, and counting of protozoa. En: *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry.*, K. Alef, P. Nannipieri (eds.) Academic Press. California USA. pag. 74-178.
- Bamforth, S. S., 1997. Evolutionary implications of soil protozoan succession. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*, 47: 93-97.
- Corliss, J. O. 1979. *The ciliated protozoa*. 2da edición. Pergamon Press. New York, USA. p. p. 455.
- Couteaux, M. M., Darbyshire, J. F., 1998. Functional diversity amongst soil protozoa. *Applied soil ecology*, 10: 229-237.
- Danso, S. K. A., 1974. *The feeding of amoebae on Rhizobium meliloti and R. trifoli in soil and culture*. Cornell University.
- De Leij, F. A. A. M., Whipps, J. M., Lynch, J. M., 1994. The use of colony development for the characterization of bacterial communities in soil and on roots *Microbial Ecology an International Journal*, 27: 81-97

- Flerchinger, G. N., Pierson, F. B. 1997. Modelling plant canopy effects on variability of soil temperature and water: model calibration and validation. *Journal of Arid Environments*, 35: 641-643.
- Foissner, W., 1991. Diversity and ecology of soil heterotrophic flagellates. En: *The biology of free-living heterotrophic flagellates*, David J. Patterson y Jacob Larsen, eds.
- Foissner, W., 1999. Soil protozoa as bioindicators: pros and cons. methods, diversity, representative examples. *Agriculture Ecosystems and Environment*. 74: 95-112.
- Hausmann, K., Hülsmann, N., 1996. Ecology of protozoa. En *Protozoology 2da edición*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart pag. 280
- Hattori, T. 1994. Soil microenvironment.-----
- Hutner, S. H., 1964. Protozoa as toxicological tools. *J. Protozool.*, 11: 1-6.
- Ingham, E. R., 1993. Standard operating procedure for protozoan population dynamics and community structure. Documento interno, proyecto SOP número 7.05.
- Killham, K., 1994. Soil ecology. Cambridge University Press. Great Britain. p.p. 242
- Kinsbursky, R. S., Degani, R., Baranes, G., Steinberger, Y., 1990. Root-microbial populations dynamics in a soil profile under the canopy of the desert shrub *Zygophyllum dumosum* *Journal of Arid Enviroments*, 19: 261-267.
- Kudo, R. R. 1985. Protozoología. Compañía Editorial Continental. México. p. p. 905.
- Küster, E., 1977. The actinomycetes. En *Soil biology*. A. Burges, F. Raw (eds.). Academic Press. London and New York. p.p. 111-124.
- Landa, R., Meave, J., Carabias, J., 1997. Environmental deterioration in rural México: an examination of the concept. *Ecological Applications*, 7: 316-329.
- Lipscomb, D. Protozoa. En: *Our Living Resources*. <http://biology.usgs.gov/s+t/noframe/p901.htm>
- Morgan, R. P. C., 1996. Soil, erosion & conservation. Editorial Longman. Essex England. p.p. 198.
- Muñoz-Iniestra, D. J., Mendoza, A. C., López-Galindo, F., Soler, A. A., Hernández, M. M. 2000. Manual de prácticas de edafología. ENEP-Iztacala. UNAM.
- Neri-Gámez, D. M. C., 2000. Caracterización Hidrológica de la subcuenca baja del Río Zapotitlán, Puebla. Tesis de Licenciatura. ENEP-Iztacala.
- Patterson, D. J., 1996. Free-living freshwater protozoa. A colour guide. Segunda edición. Manson publishing LTD. Nueva York, p.p.. 223.

- Persson, T. 1989. Role of soil animals in C and N mineralisation. *Plant and soil*. 115: 241-245.
- Reyes-Quintanar, C. K., 2000. Estudio microbiológico de la rizósfera e interrizósfera de *Neobuxbaumia tetetzo* y *Prosopis laevigata*. Tesis de licenciatura. ENI:P-Iztacala.
- Reynolds, J. F., Virginia, R. A., Kemp, P. R., Soyza, A. G., Tremmel, D. C., 1999. Impact of drought on desert shrubs: effects of seasonality and degree of resource island development. *Ecological Monographs*, 69: 69-106
- Richards, B. N. 1987. The microbiology of terrestrial ecosystems. Longman group. England. p.p. 399.
- Rodríguez-Zaragoza, S. 1994. Ecology of free-living amoebae. *Critical Reviews in Microbiology*. 20: 225-241.
- Rodríguez-Zaragoza, S., García, S. 1997. Species richness and abundance of naked amebae in the rizoplane of the desert plant *Escontria chiotilla* (Cactaceae). *J. Euk. Microbiol.*, 44: 122-126.
- Rodríguez-Zaragoza, S., 1999. Variación de la comunidad de amebas desnudas y de otros protozoarios en respuesta a la perturbación de un suelo forestal de encino-pino en Villa del Carbón, Edo. De México. Tesis de doctorado. I.P.N. E.N.C.B. México.
- Sandon, M. A. 1927. The composition and distribution of the protozoan fauna of the soil. Oliver and Boyd. Londres. p.p.237
- Sarig, S., Steinberger, Y. 1993. Immediate effect of wetting event on microbial biomass and carbohydrate production-mediated aggregation in desert soil. *Geoderma*, 56: 599-607.
- Skujins, J. 1991. Semiarid lands and deserts. Soil resource and reclamation. En: *Biology of arid region soils – Faunal components*. Capitulo 5. Steinberger, Y. (ed.) Marcel Dekker Inc. New York. pag. 173-191.
- Smith, H. G. 1996. Diversity of antarctic terrestrial protozoa. *Biodiversity and Conservation*, 5: 1379-1394.
- Steinberger, Y. 1991. Litter fall and nitrogen reabsorption in *Zigophyllum dumosum* in the Negev desert. *Israel Journal of Botany*, 40: 33-39.
- Steinberger, Y. 1995. Soil fauna in arid ecosystems: Their role and functions in organic matter cycling. *Advances in Geocology*, 28: 29-36.

- Steinberger, Y., Loboda, I. 1991. Nematode populations dynamics and trophic structure in a soil profile under the canopy of the desert shrub *Zygophyllum dumosum*. *Pedobiologia*, 35: 191-197.
- Stout, J. D., 1955. Environmental factors affecting the life history of three soil species of *Colpoda* (Ciliata). En: *Transactions of the Royal Society of New Zealand*. 82: 1165-1188,
- Stout, J. D., Heal, O. W., 1977. Protozoa. En: *Soil biology* A. Burges, F. Raw (eds.). Academic Press. London and New York . 13: 137-150.
- Wall, D. H., Virginia, R. A. 1999. Controls on soil biodiversity: insights from extreme environments. *Applied Soil Ecology*, 13: 137-150.

ANEXO I

Técnica para la tinción argéntica de ciliados y flagelados del Dr. Fernández Galianao
(modificada por el Dr. López-Ochoterena).

- 3 gotas de formol.
- 5 ml de cultivo concentrado (reposar dos minutos para fijar)
- 10 gotas de piridina
- 3 ml de carbonato de plata amoniacal al 5%*
- 12 gotas de peptona al 4%
- 20 ml de agua
- Calentar en baño maría hasta el viraje (a 60°C)
- Verter en hiposulfito de sodio al 5% (15 ml) (ó tiosulfato de sodio)
- Lavar con agua destilada varias veces, dejando que los organismos impregnados se depositen en el fondo de la cápsula
- Deshidratar, aclarar y montar en bálsamo de Canadá

* Mezclar lentamente 50 ml de nitrato de plata al 10% y 150 ml de carbonato de sodio al 5%; agregar amoníaco gota a gota hasta disolver el precipitado que se formó. Aforar con agua destilada hasta 750 ml.

MEDIOS EMPLEADOS

EXTRACTO DE SUELO

Sé pusieron 100 g de suelo en 1000 ml de agua destilada, sé mezcló y calentó a 70° durante 2 horas y se filtró.

AGAR-EXTRACTO DE SUELO (A-ES) PARA LA PLACA DE CULTIVO DE TEJIDOS

Se empleó el extracto de suelo, para preparar el agar al 2%. De este agar previamente esterilizado se tomaron alicuotas de 0.5 ml para cada celda de la placa de cultivo de tejidos.

CALENDARIO DE ACTIVIDADES

MES	DIA	ACTIVIDAD	
Marzo 2000	23-26	Salida al campo Procesar muestras para UFC y conteo protozoarios	Época: seca
Abril	3-12	Análisis fisicoquímicos	
Abril 2000	13-16	Salida al campo Procesar muestras para UFC y conteo protozoarios	Época: seca
Mayo	1-12	Análisis fisicoquímicos	
Mayo 2000	18-21	Salida al campo Procesar muestras para UFC y conteo protozoarios	Época: seca
Junio	5-16	Análisis fisicoquímicos	
Junio 2000	15-18	Salida al campo Procesar muestras para UFC y conteo protozoarios	Época: lluviosa
Julio	3-14	Análisis fisicoquímicos	
Julio 2000	13-15	Salida al campo Procesar muestras para UFC y conteo protozoarios.	Época: lluviosa
Ago	1-11	Análisis fisicoquímicos	
Ago 2000	10-13	Salida al campo Procesar muestras para UFC y conteo protozoarios	Época: lluviosa
Sept	1-8	Análisis fisicoquímicos	

ANEXO II

	Humedad				
	Abr	May	Jun	Jul	Ago
I1C	0	0	17 57	2 43	7 85
I2C	0	0	19 43	1 12	10 36
I3C	0	0	17 1	1 9	16 23
SDC	0	0	17 23	2 28	12 57
I1D	0	0	8 88	0 52	3 29
I2D	0	0	14 35	1 03	5 93
I3D	0	0	12 2	0 82	7 26
SDD	0	0	4 22	1 58	4 75

	Características físicas							
	D Real	D Aparente	Poros	G De comp	Cap Campo	%aren	% arc	% lim
I1C	2 698327	0 8802	67 37979	0 95	64 936	47 92	24 08	28
I2C	2 023472	0 9605	52 53209	0 65	64 742	61 92	14 04	24 04
I3C	2 183406	0 9683	55 65186			57 92	20 08	22
SDC	2 150537	0 8962	58 3267	1 45	54 947	41 92	28 08	30
I1D	2 277904	1 3483	40 80963	2 16666	33 574	39 92	22 08	38
I2D	2 521432	1 2013	52 35645	2 95	38 743	25 92	40 08	34
I3D	2 276867	1 244	45 36352	1 6	42 871	47 92	20 04	32 04
SDD	2 455795	1 3184	46 31476	1 9	34 963	49 92	20 08	30

Partes por millón de los nutrientes evaluados

Nitratos						Fierro						Magnesio					
	Abr	May	Jun	Jul	Ago		Abr	May	Jun	Jul	Ago		Abr	May	Jun	Jul	Ago
I1C	5	10	10	5	10	I1C	15	0	5	0	5	I1C	49	49	19	79	79
I2C	5	10	10	0	10	I2C	15	0	5	0	0	I2C	109	49	49	79	79
I3C	5	10	20	5	10	I3C	15	0	5	0	5	I3C	49	49	19	49	79
I1D	30	10	10	10	30	I1D	15	15	15	15	0	I1D	109	3	79	109	109
I2D	75	75	10	75	75	I2D	15	15	15	15	0	I2D	79	109	109	79	79
I3D	5	10	5	10	5	I3D	15	15	15	0	0	I3D	109	3	109	79	79
SDC	5	5	5	0	0	SDC	15	15	50	0	5	SDC	109	49	19	49	49
SDD	5	25	10	30	75	SDD	50	0	0	0	0	SDD	3	79	49	49	79

Nitritos						Fósforo						Manganeso					
	Abr	May	Jun	Jul	Ago		Abr	May	Jun	Jul	Ago		Abr	May	Jun	Jul	Ago
I1C	1	1	1	1	1	I1C	37.5	37.5	75	5	50	I1C	8	2	2	2	2
I2C	1	1	1	1	1	I2C	50	12.5	75	37.5	75	I2C	8	2	8	28	2
I3C	1	1	1	1	1	I3C	50	37.5	50	50	37.5	I3C	8	2	8	2	2
I1D	1	1	0	0	1	I1D	5	75	5	5	5	I1D	17	2	17	26	8
I2D	1	1	0	1	1	I2D	12.5	5	5	5	12.5	I2D	17	26	8	17	26
I3D	1	1	0	0	1	I3D	50	75	5	12.5	12.5	I3D	17	2	8	17	2
SDC	1	1	1	1	1	SDC	50	80	37.5	12.5	0	SDC	8	2	2	2	2
SDD	1	1	1	1	1	SDD	0	200	37.5	12.5	50	SDD	2	0	2	17	17

Amonio						Potasio						Calcio					
	Abr	May	Jun	Jul	Ago		Abr	May	Jun	Jul	Ago		Abr	May	Jun	Jul	Ago
I1C	49	49	19	19	19	I1C	200	200	150	200	175	I1C	7000	7000	5000	8500	5000
I2C	49	49	19	19	19	I2C	200	200	175	175	200	I2C	7000	7000	5000	1750	1750
I3C	49	49	19	19	19	I3C	200	200	200	175	200	I3C	7000	7000	7000	7000	5000
I1D	49	19	19	19	19	I1D	400	200	400	250	175	I1D	5000	7000	7000	7000	3500
I2D	49	79	19	19	19	I2D	500	200	400	400	400	I2D	5000	7000	7000	7000	5000
I3D	49	49	19	19	19	I3D	200	200	200	200	200	I3D	5000	5000	5000	3500	5000
SDC	49	49	19	19	19	SDC	130	75	150	110	200	SDC	7000	750	5000	7000	3500
SDD	0	79	19	19	19	SDD	200	50	300	200	80	SDD	5000	5000	7000	7000	7000

pH					
	Abr	May	Jun	Jul	Ago
I1C	8	8	7.5	8	8
I2C	8	8	8	8	8
I3C	8	8	8	8	8
I1D	8	8	8	8	8
I2D	8	8	9	9	8
I3D	8	8	8	8	8
SDC	8	8	7.5	8	8
SDD	8	8	8	8	7.5

ANEXO III

Número de UFC de actinomicetos y bacterias , en cada muestra durante el estudio

A Actinomicetos en agar Czapeck

	Abr	May	Jun	Jul	Ago
I1C	1 79*10 ⁶	2 33*10 ⁶	4 43*10 ⁶	2 27*10 ⁶	1 07*10 ⁷
I2C	7 09*10 ⁵	4 73*10 ⁶	6 76*10 ⁶	2 02*10 ⁶	2 49*10 ⁷
I3C	5 82*10 ⁵	2 65*10 ⁶	1 24*10 ⁶	1 96*10 ⁶	5 42*10 ⁵
SDC	4 06*10 ⁵	1 57*10 ⁷	1 81*10 ⁶	1 18*10 ⁶	4 27*10 ⁵
I1D	2 15*10 ⁵	7 26*10 ⁴	6 91*10 ⁵	1 66*10 ⁵	1 79*10 ⁵
I2D	3 71*10 ⁴	4 15*10 ⁵	4 85*10 ⁵	1 67*10 ⁵	1 94*10 ⁵
I3D	3 72*10 ⁵	4 89*10 ⁵	2 33*10 ⁶	1 39*10 ⁶	5 79*10 ⁵
SDD	4 89*10 ⁴	7 75*10 ⁴	1 31*10 ⁵	1 43*10 ⁶	1 51*10 ⁵

B Bacterias en agar nutritivo

	Abr	May	Jun	Jul	Ago
I1C	1 21*10 ⁷	6 19*10 ⁷	2 53*10 ⁷	3 39*10 ⁷	2 89*10 ⁷
I2C	8 56*10 ⁶	8 55*10 ⁷	3 22*10 ⁷	2 71*10 ⁷	3 65*10 ⁷
I3C	9 12*10 ⁶	8 69*10 ⁷	2 94*10 ⁷	1 24*10 ⁸	2 51*10 ⁷
SDC	1 31*10 ⁷	2 92*10 ⁷	2 73*10 ⁷	1 54*10 ⁷	1 73*10 ⁷
I1D	8 53*10 ⁶	2 62*10 ⁷	9 60*10 ⁶	2 51*10 ⁷	2 65*10 ⁷
I2D	3 15*10 ⁶	8 06*10 ⁶	8 17*10 ⁶	1 12*10 ⁷	1 18*10 ⁷
I3D	9 12*10 ⁶	1 89*10 ⁷	1 27*10 ⁶	5 25*10 ⁸	5 61*10 ⁸
SDD	2 79*10 ⁶	3 57*10 ⁶	2 28*10 ⁶	5 36*10 ⁶	5 55*10 ⁶

C Bacterias en agar nutritivo con estrategia de colonización r

	Abr	May	Jun	Jul	Ago
I1C	1 12*10 ⁷	4 93*10 ⁷	1 59*10 ⁷	2 57*10 ⁷	2 11*10 ⁷
I2C	7 17*10 ⁶	8 22*10 ⁷	30 08*10 ⁷	2 13*10 ⁷	2 96*10 ⁷
I3C	7 74*10 ⁶	6 11*10 ⁷	2 05*10 ⁷	1 11*10 ⁸	2 38*10 ⁷
SDC	1 01*10 ⁷	2 73*10 ⁷	2 16*10 ⁷	1 42*10 ⁷	1 59*10 ⁷
I1D	7 8*10 ⁶	2 42*10 ⁷	5 74*10 ⁶	20 07*10 ⁷	2 06*10 ⁷
I2D	1 95*10 ⁶	1 62*10 ⁶	6 45*10 ⁶	3 9*10 ⁶	4 1*10 ⁶
I3D	8 95*10 ⁶	1 56*10 ⁷	9 49*10 ⁶	4 9*10 ⁸	5 33*10 ⁸
SDD	1 61*10 ⁶	2 25*10 ⁶	5 46*10 ⁵	2 2*10 ⁶	2 28*10 ⁶

D Bacterias en agar nutritivo con estrategia de colonización k

	Abr	May	Jun	Jul	Ago
I1C	9 49*10 ⁵	1 25*10 ⁷	9 37*10 ⁶	8 19*10 ⁶	7 74*10 ⁶
I2C	1 39*10 ⁶	3 29*10 ⁶	2 15*10 ⁶	5 76*10 ⁶	6 89*10 ⁶
I3C	1 38*10 ⁶	2 57*10 ⁷	8 89*10 ⁶	1 23*10 ⁷	1 37*10 ⁶
SDC	2 99*10 ⁶	1 85*10 ⁶	5 67*10 ⁶	1 26*10 ⁶	1 41*10 ⁶
I1D	7 26*10 ⁵	2 08*10 ⁶	3 86*10 ⁶	5 08*10 ⁶	5 86*10 ⁶
I2D	1 20*10 ⁶	6 44*10 ⁶	1 72*10 ⁶	7 37*10 ⁶	7 77*10 ⁶
I3D	1 65*10 ⁵	3 28*10 ⁶	3 29*10 ⁶	2 67*10 ⁷	2 86*10 ⁶
SDD	1 17*10 ⁶	1 31*10 ⁶	1 73*10 ⁶	3 16*10 ⁶	3 26*10 ⁶

E : Logaritmo del número de organismos de las poblaciones estudiadas

	ACT	BACTOTAL	R	K	C	F	NF	TI	TII	TIII
11C										
ABRIL	6 255	7 204	7 050	5 978	2 233	2 233	2 061	0 000	2 747	4 388
MAYO	6 368	7 757	7 693	7 100	1 799	2 747	2 452	0 000	2 233	2 233
JUNIO	6 646	7 507	7 203	6 972	0 000	1 883	3 714	0 862	0 000	0 000
JULIO	6 357	7 597	7 410	6 914	0 000	0 000	0 000	3 281	1 516	0 000
AGOSTO	6 031	7 065	7 326	6 889	0 000	0 000	0 000	3 306	1 541	0 000
12C										
ABRIL	5 851	6 937	6 856	6 142	2 452	2 233	3 270	0 000	4 553	0 000
MAYO	6 676	7 501	7 915	6 519	1 763	2 233	1 556	0 000	1 505	2 747
JUNIO	6 830	7 516	7 478	6 334	0 000	0 000	0 000	4 014	0 000	0 000
JULIO	6 306	7 537	7 329	6 761	2 238	0 000	0 000	0 783	0 000	0 000
AGOSTO	5 398	7 573	7 472	6 838	2 280	0 000	0 000	0 826	0 000	0 000
13C										
ABRIL	5 766	6 891	6 889	6 142	1 799	0 000	2 747	2 233	4 920	2 233
MAYO	6 425	8 061	7 787	7 411	1 799	1 799	1 799	0 000	1 799	4 630
JUNIO	6 096	7 520	7 313	6 949	0 000	3 352	3 213	2 524	0 000	1 744
JULIO	6 293	8 095	8 049	7 090	1 513	1 513	1 513	0 000	1 895	0 000
AGOSTO	5 735	7 901	7 377	6 139	1 582	1 582	1 582	0 000	1 963	0 000
SDC										
ABRIL	5 609	7 122	7 006	6 477	0 000	0 000	3 270	0 000	0 000	0 000
MAYO	7 198	7 319	7 438	6 269	2 061	2 061	3 183	0 000	0 000	0 000
JUNIO	6 258	7 443	7 336	6 754	0 000	0 000	0 835	0 000	0 835	5 720
JULIO	6 074	7 204	7 153	6 101	1 803	2 750	2 237	2 237	0 000	0 000
AGOSTO	5 631	7 148	7 202	6 149	1 832	2 779	2 266	2 266	0 000	0 000
1C										
ABRIL	5 334	6 440	6 893	5 861	1 505	0 778	2 452	0 000	0 000	0 000
MAYO	4 861	7 327	7 384	6 319	2 233	1 799	1 799	0 000	1 799	0 778
JUNIO	5 840	6 811	6 759	6 587	2 829	0 000	1 846	3 831	2 315	1 587
JULIO	6 222	7 001	7 303	6 706	0 788	2 757	0 000	2 243	0 000	0 000
AGOSTO	5 255	8 504	7 315	6 768	0 836	2 805	0 000	2 291	0 000	0 000
12D										
ABRIL	4 570	6 504	6 291	6 080	0 000	0 000	0 000	2 233		
MAYO	5 619	6 971	6 210	6 809	0 778	0 000	0 000	0 000		
JUNIO	5 686	7 147	6 810	6 236	0 000	3 960	2 787	0 000		
JULIO	5 225	7 159	6 591	6 868	0 000	0 000	0 000	0 000		
AGOSTO	5 289	7 682	6 613	6 891	0 000	0 000	0 000	0 000		
13D										
ABRIL	5 571	6 975	6 952	5 219	2 629	2 185	3 183	0 010	1 799	
MAYO	5 690	7 410	7 195	6 516	2 233	3 183	1 886	0 010	2 233	
JUNIO	6 369	7 153	6 977	6 518	0 845	0 000	2 814	3 697	3 199	
JULIO	6 146	8 721	8 698	7 427	0 000	0 000	3 753	3 753	0 010	
AGOSTO	5 763	7 580	8 727	7 457	0 000	0 000	3 775	3 775	0 010	
SDD										
ABRIL	4 690	6 453	6 209	6 070	0 000	0 000	2 747	2 233	4 920	2 233
MAYO	4 890	6 581	6 353	6 120	1 556	1 556	1 633	0 000	1 799	4 388
JUNIO	5 119	6 432	5 738	6 240	1 652	1 818	3 202	0 000	0 000	3 202
JULIO	7 156	6 689	6 343	6 500	2 240	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000
AGOSTO	5 179	6 901	6 359	6 514	2 254	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000

F: Tablas empleadas para el análisis de correlacion

Promedio del logaritmo del número de organismos en las Islas de recursos de la zona Conservada

	Act	Bactot	r	k	C	F	NF	TI	TII	TIII
Abril	5 957	7 01	6 931	6 087	2 161	1 491	2 692	0 75	4 073	2 21
Mayo	6 489	7 772	7 798	7 009	1 787	2 259	1 935	1	1 845	3 203
Junio	6 524	7 514	7 331	6 751	0 01	1 748	2 312	2 466	0 01	0 588
Julio	6 318	7 743	7 596	6 921	1 253	0 511	0 211	1 357	1 14	0 01
Agosto	5 721	7 513	7 391	6 621	1 29	0 534	0 534	1 38	1 171	0 01

Promedio del logaritmo del número de organismos en el Suelo Desnudo de la zona Conservada

	Act	Bactot	r	k	C	F	NF	TI	TII	TIII
Abril	5 609	7 122	7 006	6 477	0 000	0 000	3 270	0 000	0 000	0 000
Mayo	7 198	7 319	7 438	6 269	2 061	2 061	3 183	0 000	0 000	0 000
Junio	6 258	7 443	7 336	6 754	0 000	0 000	0 835	0 000	0 835	5 720
Julio	6 074	7 204	7 153	6 101	1 803	2 750	2 237	2 237	0 000	0 000
Agosto	5 631	7 148	7 202	6 149	1 832	2 779	2 266	2 266	0 000	0 000

Promedio del logaritmo del número de organismos en las Islas de recursos de la zona Degradada

	Act	Bactot	r	k	C	F	NF	TI	TII	TIII
Abril	5 158	6 639	6 712	5 719	1 381	0 987	1 881	0 01	1 347	0
Mayo	5 39	7 236	6 929	6 548	1 748	1 66	1 231	0 01	1 347	0
Junio	5 965	7 036	6 848	6 447	1 228	0 006	2 873	3 438	1 841	0
Julio	5 864	7 627	7 53	7 0004	0 269	0 922	1 257	2 002	0 01	0
Agosto	5 436	7 922	7 552	7 039	0 285	0 938	1 265	2 026	0 01	0

Promedio del logaritmo del número de organismos en el Suelo Desnudo de la zona Degradada

	Act	Bactot	r	k	C	F	NF	TI	TII	TIII
Abril	4 690	6 453	6 209	6 070	0 000	0 000	2 747	2 233	4 920	2 233
Mayo	4 890	6 581	6 353	6 120	1 556	1 556	1 633	0 000	1 799	4 388
Junio	5 119	6 432	5 738	6 240	1 652	1 818	3 202	0 000	0 000	3 202
Julio	7 156	6 689	6 343	6 500	2 240	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000
Agosto	5 179	6 901	6 359	6 514	2 254	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000

G: Tablas obtenidas del análisis de correlación

Islas de recursos de la zona Conservada

	Act	Bactot	r	k	C	F	NF	TI	TII	TIII
Act	1 000									
Bactot	0 525	1 000								
r	0 515	0 969	1 000							
k	0 627	0 991	0 960	1 000						
C	-0 428	-0 321	-0 123	-0 384	1 000					
F	0 603	-0 030	0 113	0 080	0 039	1 000				
NF	0 265	-0 581	-0 481	-0 475	0 073	0 815	1 000			
TI	0 427	0 268	0 076	0 336	-0 997	0 010	-0 002	1 000		
TII	-0 424	-0 699	-0 532	-0 724	0 882	0 148	0 416	-0 852	1 000	
TIII	0 281	-0 150	0 077	-0 096	0 579	0 836	0 674	-0 540	0 580	1 000

Suelo desnudo de la zona Conservada

SDC	C	F	NF	TI	TII	TIII	ACT	BTOT	R	K
C	1 00									
F	0.96	1 00								
NF	0 32	0 20	1 00							
TI	0 59	0.80	-0 10	1 00						
TII	-0 61	-0 60	-0.87	-0 41	1 00					
TIII	-0 61	-0 60	-0.87	-0 41	1.00	1 00				
ACT	0 39	0 13	0 10	-0 43	0 09	0 09	1 00			
BTOT	-0 20	-0 33	-0 65	-0 49	0.82	0.82	0.64	1 00		
R	0 37	0 17	-0 28	-0 27	0 37	0 37	0.86	0.79	1 00	
K	-0.88	-0.93	-0 49	-0.76	0.84	0.84	0 02	0 62	0 13	1 00

Islas de Recursos de la zona Degradada

	Act	Bactot	r	k	C	F	NF	TI	TII	TIII
Act	1 000									
Bactot	0 282	1 000								
r	0 291	0 950	1 000							
k	0 508	0 960	0 898	1 000						
C	-0 352	-0 777	-0 909	-0 711	1 000					
F	-0 655	0 136	0 094	0 037	0 225	1 000				
NF	0 416	-0 573	-0 597	-0 450	0 326	-0 847	1 000			
TI	0 859	0 358	0 340	0 483	-0 500	-0 852	0 537	1 000		
TII	-0 030	-0 835	-0 946	-0 721	0 883	-0 259	0 731	-0 085	1 000	
TIII	#,DIV/0!	#,DIV/0!	#,DIV/0!	#,DIV/0!	#,DIV/0!	#,DIV/0!	#,DIV/0!	#,DIV/0!	#,DIV/0!	1 000

Suelo Desnudo de la zona Degradada

SDD	C	F	NF	TI	TII	TIII	ACT	BTOT	R	K
C	1 00									
F	0 06	1 00								
NF	-0.70	0 58	1 00							
TI	-0.94	-0 41	0 46	1 00						
TII	-0.96	-0 22	0 49	0.93	1 00					
TIII	-0 42	0.83	0.74	0 08	0 34	1 00				
ACT	0 58	-0 36	-0 63	-0 40	-0 52	-0 62	1 00			
BTOT	0 69	-0 52	-0.92	-0 46	-0 50	-0.71	0 33	1 00		
R	0 15	-0 61	-0.76	0 02	0 14	-0 38	0 25	0 65	1 00	
K	0.83	-0 45	-0.83	-0 59	-0.77	-0.85	0 69	0.81	0 27	1 00

ANEXO IV

A: Especies de ciliados encontradas durante el estudio

No.	Nombre	Estrategia de colonización	Abreviatura
1	<i>Amphistella acuta</i>	k	Ampac
2	<i>Aspidisca sp.</i>	k	Aspsp
3	<i>Blepharisma sp.</i>	k	Blepsp
4	<i>Bursana sp.</i>	k	Bursp
5	<i>Cinetochilum sp.</i>	Intermedia	Cinesp
6	<i>Colpoda aspera</i>	r	Colpas
7	<i>Colpoda cucullus</i>	r	Colpcu
8	<i>Colpoda inflata</i>	r	Colpinf
9	<i>Colpoda maupasii</i>	r	Colpma
10	<i>Colpoda steinii</i>	r	Colpste
11	<i>Cyclidium sp.</i>	Intermedia	Cyclisp
12	<i>Gastrostyla steinii</i>	k	Gastei
13	<i>Hemisincirra gellerti</i>	k	Hemige
14	<i>Hemisincirra gracilis</i>	k	Hegrac
15	<i>Histiculus muscorum</i>	k	Hismus
16	<i>Holosticha adami</i>	k	Holadam
17	<i>Holosticha sigmoides</i>	k	Holsigm
18	<i>Keronopsis sp.</i>	r	Kerosp
19	<i>Litonotus sp.</i>	r	Litosp
20	<i>Loxophilum sp.</i>	Intermedio	Loxsp
21	<i>Metopus hasei</i>	k	Methas
22	<i>Metopus sp.</i>	k	Metsp
23	<i>Myriokaryon sp.</i>	Intermedio	Myrisp
24	<i>Paramecium sp.</i>	Intermedio	Parasp
25	<i>Tillina magna</i>	r	Tilmag
26	<i>Urosoma acuminata</i>	k	Urmac
27	<i>Urosoma cienkowsky</i>	k	Urosci
28	<i>Urosoma macrostyla</i>	k	Uromac
29	<i>Urosomoida agilis</i>	k	Urmag
30	<i>Urosomoida dorsincisura</i>	k	Urosdor

B. Presencia/Ausencia de especies de ciliados encontrados durante el estudio por mes.

	Abril												
	Aspsp	Cinesp	Colpas	Colpinf	Colpma	Cyclsp	Hemige	Hismus	Loxsp	Uroscr	Urmac	Urosdor	
I1C	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	
I2C	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
I3C	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
I1D	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
I2D	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	
I3D	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	
SDC	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	
SDD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

	Mayo												
	B'eps	Cinesp	Colpas	Colpinf	Colpma	Colpste	Hismus	Holad	Holsig	Methas	Metsp	Myrns	Urmag
I1C	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1
I2C	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
I3C	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
I1D	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
I2D	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I3D	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
SDC	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
SDD	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

	Junio									
	Cinesp	Colpas	Colpinf	Colpma	Colpste	Hismus	Metsp	Parasp	Trmag	
I1C	0	1	1	1	1	0	1	0	0	
I2C	1	1	0	1	1	0	1	0	1	
I3C	0	1	0	0	1	1	1	1	0	
I1D	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
I2D	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
I3D	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
SDC	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
SDD	0	0	0	0	1	0	0	0	0	

	Julio							
	Bursp	Cinesp	Colpas	Colpinf	Colpma	Colpste	Litosp	
I1C	1	0	0	1	0	1	1	
I2C	0	0	1	1	0	0	0	
I3C	0	1	0	0	0	0	0	
I1D	0	0	0	0	1	1	0	
I2D	0	0	0	0	0	1	0	
I3D	1	1	1	0	0	0	0	
SDC	0	0	0	0	1	0	0	
SDD	0	0	0	0	0	1	0	

	Agosto														
	Ampac	Cinesp	Colpas	Colpcu	Colpinf	Colpma	Colpste	Gaste	Hegrac	Hismus	Kerosp	Metsp	Urmac	Urosdor	
I1C	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	
I2C	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
I3C	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	
I1D	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	
I2D	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
I3D	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SDC	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	
SDD	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	