



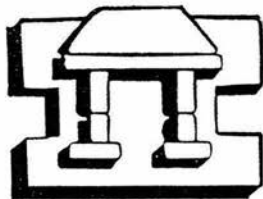
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
IZTACALA

IMPACTO DE LA DEGRADACION DEL SUELO EN LAS  
POBLACIONES DE BACTERIAS SOLUBILIZADORAS DE  
FOSFORO 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 :  
ALFREDO MENDOZA VARGAS

ASESOR: DR. SALVADOR RODRIGUEZ ZARAGOZA



IZTACALA

LOS REYES IZTACALA, EDO DE MEXICO

2003



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

*Esta tesis va dedicada:*

*A mis padres y a mis hermanos por su apoyo,  
comprensión y sobre todo,  
por enseñarme a contar con una familia.  
Y gracias a ti, por ayudarme a cumplir el gusto  
de ser un profesionalista.*

*A ti Elizabeth, por compartir conmigo parte de tu vida,  
y por enseñarme las cosas tan grandiosas que tiene la vida.  
Espero no defraudarte nunca.*

## **Agradecimientos:**

**A ti Salvador por tu apoyo, tus consejos y tu dedicación para la realización de este trabajo. Gracias por haberme dado la oportunidad de conocerte y trabajar contigo.**

**A los sinodales: Dr. Ronald Ferrera Cerrato, M. en C. Daniel Muñoz Iniestra, Dr. Victor Rivera Aguilar y Biol. Francisco López Galindo por sus comentarios y sugerencias.**

**A la Universidad Nacional Autónoma de México.**

**A mi camarada Alvaro por brindarme una amistad sincera. Gracias por permitirme ser tu amigo.**

**A ti Luz por apoyarme en la realización de este trabajo.**

**Y a toda la gente que he conocido durante mi vida, por las experiencias que me han dejado.**

## ÍNDICE

# IZT.

1. Resumen.....	2
2. Introducción.....	3
2.1 Importancia del fósforo.....	4
3. Antecedentes.....	7
4. Justificación.....	9
5. Hipótesis.....	9
6. Objetivos.....	10
7. Metas.....	10
8. Materiales y Métodos	
8.1 Descripción del Área de Estudio.....	10
8.2 Zonas de Muestreo.....	12
8.3 Diseño Experimental.....	12
8.4 Obtención y Procesamiento de las Muestras.....	13
8.5 Determinación Biológica.....	13
8.6 Determinación Física.....	15
8.7 Determinación Química.....	15
8.8 Pruebas Estadísticas.....	15
9. Resultados y Análisis	
9.1 Zona Conservada vs Zona Degradada.....	16
9.1.1 Pruebas Físicas del Suelo.....	16
9.1.2 Contenido de Nutrientes Vegetales del Suelo y Materia Orgánica.....	17
9.1.3 Pruebas Biológicas del Suelo.....	20
9.2 Zona Conservada y Zona Deteriorada (Variación en el Tiempo).....	21
9.2.1 Porcentaje de Humedad.....	21
9.2.2 Contenido de Nutrientes Vegetales del Suelo y Materia Orgánica.....	22
9.2.3 Pruebas Biológicas del Suelo.....	26
9.3 Caracterización Metabólica de Bacterias Aisladas.....	28
10. Discusión.....	30
11. Conclusiones.....	37
12. Perspectivas.....	38
13. Bibliografía.....	39
14. Apéndices.....	I

## 1. RESUMEN

Las bacterias solubilizadoras de fósforo son de gran importancia para la nutrición vegetal, ya que transforman fosfatos no disponibles a fosfatos disponibles. En los sistemas edáficos de la región semiárida de Zapotitlán Salinas, Puebla, dicha microbiota se encuentra bajo tensión por las condiciones extremas que imperan en el lugar como son: alto pH, alta concentración de sales, bajo contenido de materia orgánica, erosión y perturbación humana. La degradación del suelo agrava estas condiciones, lo cual debe promover cambios negativos en la dinámica de estas poblaciones bacterianas. Estos cambios en las bacterias solubilizadoras de fósforo darían como resultado una disminución en el desarrollo vegetal y en la productividad del sistema. En el presente trabajo, se determinó el impacto de la degradación del suelo (características físicas y químicas) en la dinámica poblacional de bacterias solubilizadoras de fósforo y de bacterias totales en dos zonas de la región con características contrastantes de degradación, además de hacer un estudio a nivel estacional, los datos fueron procesados tomando en cuenta 3 microambientes presentes: los suelos rizosféricos de *Neobuxbaumia tetetzo*, *Prosopis* sp., y Relación *N.tetetzo-Prosopis* sp. Los resultados indican que sí existen diferencias significativas entre las dos zonas. En las características físicas y químicas, una mayor capacidad de campo, un mayor contenido de materia orgánica y un menor grado de compactación, permiten la presencia de una mayor cantidad de bacterias totales y solubilizadoras de fósforo en los suelos de la zona conservada (UFC/g de suelo), indicando que esta zona es más propicia para el desarrollo de comunidades bacterianas. Por otro lado, se observó que la presencia de humedad en el ambiente (mes de mayo) dispara la proliferación bacteriana que es indispensable para la proceso trófico general, mientras que en el mes franco de lluvia (junio) disminuyen debido a la proliferación de depredadores bacterianos como protozoarios y nematodos. Finalmente, no se pudieron observar diferencias significativas entre los microambientes contrastados en las pruebas evaluadas, sugiriendo el uso de pruebas más sensibles que permitan determinar diferencias en los factores fisicoquímicos. En el caso del grupo funcional de solubilizadores de fósforo, las diferencias podrían encontrarse a nivel de las especies presentes.

## 2. INTRODUCCIÓN

El suelo es un sistema natural donde los organismos juegan un papel muy importante en el desarrollo de sus características físicas y químicas, además contiene una gran diversidad de hábitats que son ocupados por una gran variedad de microorganismos que realizan diversas funciones. Sin embargo el conocimiento y funcionalidad de los componentes de la comunidad del suelo y los mecanismos por los cuales los diferentes habitantes interactúan unos con otros se encuentra lejos de esclarecerse (Saville, 1999). Para estudiar el suelo, éste se ha dividido en varias regiones funcionales tales como la rizósfera, la hojarasca y el suelo desnudo (Coleman, 1994)

La rizósfera es la región del suelo que se encuentra bajo la influencia inmediata de las raíces de las plantas y en la cual se da la proliferación de microorganismos, es una forma de interacción entre los elementos del sistema donde se llevan a cabo importantes procesos que definen el desarrollo y la producción de la cobertura vegetal. Existe un flujo de compuestos, producto de la fotosíntesis, que son exudados por la raíz en forma de carbohidratos, aminoácidos, vitaminas, enzimas, nucleótidos, etc. Esta es una zona ideal para el crecimiento de una gran variedad de microorganismos que, al establecerse, tienen diferentes funciones relacionadas con las plantas. Gracias a estos organismos, existe la disponibilidad de nutrientes a través de la liberación del P, K, la fijación biológica del N<sub>2</sub>, la producción de hormonas, la simbiosis con hongos formadores de micorriza y el control biológico natural (Reyes, 1998; Paul y Clark, 1989).

La biomasa microbiana del suelo, además, constituye una matriz de transformación para todos los materiales orgánicos naturales y actúa como una reserva de nutrientes disponibles para las plantas (Jenkinson y Ladd, 1981; Singh *et al*, 1989). En general, las plantas sirven como una fuente de carbono para la comunidad microbiana, mientras que los microorganismos proveen nutrientes para el crecimiento de las plantas a través de la mineralización de los residuos vegetales, animales, y de materia orgánica, así como la solubilización de materiales inorgánicos (Jenkinson y Powlson, 1976; Srivastava y Singh, 1988; Singh *et al*, 1989). En este ambiente se lleva a cabo la mayor movilización de los nutrientes, principalmente el fósforo, hacia las plantas y es mediado por los microorganismos.

Por otro lado, la materia orgánica es un componente esencial de suelos productivos que contiene nutrimentos vegetales importantes que son liberados por su descomposición. Por lo tanto, la materia orgánica es una colección de residuos de plantas, animales y microorganismos en varios estados de descomposición. (Hassett y Vanwart, 1992)

## 2.1 Importancia del fósforo.

El fósforo se encuentra en el suelo, las plantas, los microorganismos y en cierto número de compuestos orgánicos e inorgánicos. Después del nitrógeno, es el segundo en importancia de los nutrimentos requeridos por las plantas, y es necesario para los microorganismos; su principal función fisiológica radica en algunos pasos esenciales en la acumulación y liberación de energía durante el metabolismo celular. Este elemento puede agregarse al suelo en forma de fertilizantes químicos o puede ser incorporado como hojarasca, residuos vegetales o restos animales. De esta manera, el fósforo ocupa una posición crítica, tanto en el crecimiento vegetal como en la biología del suelo. Debido a que las plantas no reducen el ión fosfato, éste tiene que entrar en combinación orgánica totalmente inalterado, encontrándose así en forma de fosfato en la fitina, fosfolípidos y ácidos nucleicos, además, los compuestos inorgánicos insolubles de fósforo no están disponibles totalmente para las plantas. (Alexander, 1981)

La incorporación del fósforo al suelo es tradicionalmente representado como un ciclo, y una característica muy importante es que sólo alrededor del 1% del P del suelo es incorporado durante el desarrollo de la vegetación, observándose éste fenómeno tanto en suelos agrícolas como aquellos con vegetación natural. En suelos agrícolas, el ciclo del fósforo es abierto debido a que se agregan fertilizantes fosfatados para reponer aquel que es removido por las cosechas. En suelos con vegetación natural el ciclo es virtualmente cerrado, excepto por las pequeñas cantidades que penetran por las lluvias. La mayor parte del fósforo es reciclada por acción de microorganismos en el suelo (Galeana, 1981).

Los microorganismos llevan a cabo cierto número de transformaciones del elemento. Estas incluyen: a) alteración de la solubilidad de compuestos inorgánicos de fósforo; b) mineralización de compuestos orgánicos con liberación de fosfato



inorgánico; c) conversión del anión inorgánico aprovechable en componentes celulares (proceso de inmovilización análogo al que ocurre con el nitrógeno), y d) llevar a cabo una oxidación o reducción de compuestos inorgánicos de fósforo (Alexander, 1981).

Existen grupos de microorganismos en el suelo que intervienen en la disponibilidad de fósforo, entre ellos están las bacterias, hongos y actinomicetos. Tales microorganismos tienen la habilidad para solubilizar minerales que contienen fósforo secretando ácidos orgánicos (Kucey, 1987). Los microorganismos no sólo asimilan el elemento sino que también lo hacen soluble en una gran porción, liberándolo en cantidades superiores a sus propias demandas nutricionales. La solubilización actúa sobre sales de calcio, hierro, aluminio, manganeso y otros fosfatos.

La producción de ácidos orgánicos es el principal mecanismo microbiológico por el cual los compuestos insolubles de fósforo son movilizados. Los ácidos orgánicos o inorgánicos convierten el  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  a fosfatos di y monobásicos, aumentando la disponibilidad del elemento para las plantas. La solubilización del fósforo no es rara, ya que, generalmente, de un décimo a un medio de los aislamientos bacterianos probados son capaces de solubilizar fosfatos de calcio, y la cantidad de bacterias que solubilizan fosfatos insolubles pueden variar de  $10^5$  a  $10^7$  por gramo de suelo. Dichas bacterias a menudo son específicamente abundantes en las superficies radiculares. Dentro de los géneros bacterianos activos en la conversión del fósforo están: *Pseudomonas*, *Mycobacterium*, *Micrococcus*, *Bacillus* y *Flavobacterium*, mientras que en los hongos tenemos a: *Sclerotium*, *Fusarium*, y *Aspergillus* entre otros (Alexander, 1981).

Las bacterias solubilizadoras de fósforo (BSP) están comúnmente establecidas en una gran diversidad de suelos. Sin embargo su establecimiento y función son severamente afectados por factores ambientales, especialmente bajo condiciones de estrés, tales como alta concentración de sales, pH y temperatura. Esto especialmente cierto con suelos degradados que tienen una tendencia a inmovilizar el fósforo (Sudhansu, 1998; Kumar *et al*, 1999).

En la región semiárida de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, el grupo funcional de bacterias solubilizadoras de fósforo se encuentra bajo estrés por las condiciones extremas que imperan en ese lugar. Las regiones semiáridas son caracterizadas por presentar

precipitación no predecible, alta evapotranspiración, bajo contenido de materia orgánica, pH y salinidad altas, y temperaturas extremas (Wall y Virginia, 1999). Por lo tanto, los ecosistemas semiáridos son los más proclives al deterioro por los eventos extremos que se realizan ahí, tales como tormentas severas, inundaciones y sequía prolongada (Manaerts y Gabriels, 2000). En Zapotitlán de las Salinas se presentan zonas con mayor degradación, donde se presentan condiciones severas de erosión y salinidad que prácticamente han acabado con el suelo, dejando dichas zonas muy fragmentadas por la erosión. Sin embargo, en la región también existen suelos conservados, que a pesar de ser susceptibles a erosionarse, están en buenas condiciones (Muñoz *et al*, 2002).

Las lluvias intensas provocan la erosión que es el arrastre o pérdida de material edáfico (macro y micronutrientes) así como de las poblaciones bacterianas. La alta concentración de sales en el suelo permite el desarrollo mayor de algunas poblaciones disminuyendo otras. Aunado a estos factores naturales se encuentra la perturbación humana con la apertura de zonas de pastoreo y de nuevos sistemas agrícolas.

Por ello en la región se pueden observar zonas en donde existe una mayor influencia de dichos factores que dan como resultado una disminución o cambio en la calidad de suelo, que es la capacidad que este tiene de ser funcional para sostener la productividad biológica, mantener una calidad ambiental y promover el buen estado de la flora y la fauna (Herrick, 2000).

MacArthur (1955) relaciona a la estabilidad de un sistema con su diversidad biológica, entendiendo como estabilidad a la habilidad de una comunidad para resistir un cambio ambiental manteniendo sus funciones más importantes y regresar a los niveles funcionales normales después de una perturbación; la diversidad biológica está definida como la variedad de especies (riqueza de especies), su abundancia y distribución en un ecosistema. Dichas comunidades ecológicas entre más diversas y más complejas se encuentren, tienden a ser más estables. Cuando sobrevienen alteraciones es posible que se afecte el número de especies que puedan ser capaces para adaptarse y sobrevivir al perder la estabilidad de un sistema con la creación de ambientes desfavorables para dichas especies (Whittaker y Woodwell, 1972; Jonson *et al*, 1996).

Por lo tanto, la capacidad de los suelos para mantener su funcionalidad en cualquier sistema natural, depende tanto de su resistencia a la degradación, así como de elasticidad (resilience). Dicha resistencia esta definida como la capacidad de un sistema de continuar funcionando después de una perturbación y es generalmente una función de las propiedades del suelo. La elasticidad como concepto es la reintegración funcional del sistema al estado original (Herrick, 2000).

Una forma de analizar la dinámica poblacional de comunidades bacterianas en suelos bajo estrés, es con el uso de los 2 tipos de estrategias de vida: estrategia k y estrategia r. Las bacterias que presentan la estrategia de proliferación k, desarrollan bajas tasas de crecimiento consumiendo poco sustrato y generando biomasa a altas concentraciones, mientras que la proliferación con estrategia r, crecen rápidamente y utilizan menos eficientemente los recursos generando bajas concentraciones de biomasa (Golovlev, 2001).

De todo lo anterior se plantea la siguiente pregunta: ¿las variaciones en la dinámica poblacional de bacterias solubilizadoras de fósforo, así como las diferencias de las propiedades físicas y químicas del suelo entre un estado conservado y uno degradado podrían relacionarse para determinar un proceso de deterioro del sistema?.

### 3. ANTECEDENTES

Todos los microorganismos que disuelven fosfatos, pueden aumentar considerablemente la asimilación de fósforo por las plantas superiores. Azcon *et al.* (1976), observaron la absorción de fósforo a partir de sales de fosfato por plantas de lavanda cuando estas fueron inoculadas con hongos y bacterias solubilizadores de fósforo, pero no hubo absorción en ausencia de los microorganismos.

Gaur *et al.* (1980) establecieron un incremento de fósforo asimilado por trigo a partir de sales de fosfato, cuando se inocularon cultivos de *Pseudomonas striata* y de *Aspergillus awamori* (ambos solubilizadores de fósforo) junto con maíz como fuente de carbono.

Galeana (1981) aisló y seleccionó microorganismos movilizadores de fósforo en suelos agrícolas midiendo la actividad por diámetro de solubilización y mineralización en medios de cultivo basales.

Khalafallah *et al.* (1982), establecieron el incremento de fósforo asimilado por *Vicia faba* a partir de superfosfato de un suelo calcáreo desértico después de la inoculación con *Bacillus megatherium* var. *phosphaticum*.

Gaind y Gaur (1991) aislaron cepas de microorganismos solubilizadores de fósforo (MSP) de rizosferas de leguminosas y de otras plantas que solubilizaron fosfatos eficientemente a altas temperaturas. La identificación de bacterias solubilizadoras de fósforo (BSP) fue por pruebas bioquímicas encontrando a géneros como *Pseudomonas* y *Bacillus* principalmente.

Belimov *et al* (1985) observaron el efecto de la inoculación de cultivos mezclados de bacterias fijadoras de nitrógeno y solubilizadoras de fósforo en cebada. Se encontró que la inoculación con mezclas bacterianas provoca un mayor balanceo nutrimental para las plantas.

De Leij *et al* (1994) cuantificó y comparó comunidades microbianas de distintos hábitats (suelo y raíces) usando las estrategias de proliferación r y k.

Chabot *et al* (1996) examinaron microorganismos solubilizadores de fósforo (PSM) para ver su potencial como promotores de crecimiento en cultivos de lechuga. Las cepas utilizadas fueron *Rhizobium leguminosarum*, *Serratia* sp. *Pseudomonas* sp. y *Rhizopus* sp.

Nahas (1996) comparó la habilidad solubilizadora entre bacterias y hongos aislados del suelo con respecto a diferentes sales de fosfato y diversas características intrínsecas de solubilización, encontrando que los hongos poseen una gran habilidad para solubilizar sales de fosfato en comparación con las bacterias.

Gonzalez *et al* (1998), determinaron la importancia de la micorriza para el transporte del fósforo vía citoplasmática y su absorción por las plantas.

Sudhansu (1998) estudió las interacciones de las bacterias solubilizadoras de fósforo (PBS) ácido tolerantes con cultivos que toleran poco a los ácidos. Determinó que

la importancia del pH del suelo en los aislamientos fue la más pronunciada ya que las PBS poseen gran tolerancia a suelos ácidos; la cepa más eficiente fue *Bacillus* sp.

Sundara *et al* (2002) estudiaron la influencia de la aplicación de bacterias solubilizadoras de fósforo en campos de cultivo en presencia y ausencia de de fertilizante rico en fósforo.

#### 4. JUSTIFICACIÓN

La microbiota del suelo de la región semiárida de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, se encuentra bajo estrés por las condiciones extremas que imperan en el lugar.

El proceso degradativo en este sistema edáfico es generado principalmente por la erosión, la alta concentración de sales y por la perturbación humana que, entre otros factores, aumentan el grado de deterioro y pueden cambiar la dinámica funcional de las poblaciones bacterianas, teniendo como consecuencia una disminución en el desarrollo vegetal y en la productividad del sistema.

Las bacterias solubilizadoras de fósforo son uno de los grupos funcionales importantes para la nutrición vegetal, por lo que se necesita determinar el impacto de la degradación del sistema en las poblaciones de estas bacterias. Se esperara encontrar que existe una distinta dinámica poblacional de bacterias solubilizadoras de fósforo y una variación de disponibilidad de nutrimentos entre zonas conservadas y degradadas. Por ello se realizaron muestreos durante las épocas de lluvia y de sequía con la finalidad de tipificar la dinámica poblacional de este grupo funcional y su relación con la concentración de micro y macronutrimentos vegetales del suelo; lo que permitió entender el proceso por el cual hay una disminución en la calidad del suelo y el papel que este grupo puede jugar en la recuperación y conservación de este sistema en una región semiárida.

#### 5. HIPÓTESIS

**IZT.**

- \* Existirá una diferencia en la dinámica poblacional en las especies bacterianas totales y solubilizadoras de fósforo y en la disponibilidad de nutrimentos vegetales (nitratos, amonio, fósforo, potasio, magnesio y calcio) entre la zona conservada y la zona degradada, relacionada con las características propias de cada zona.



## 6. OBJETIVOS

General:

Determinar el impacto de la degradación del suelo en la dinámica poblacional de bacterias solubilizadoras de fósforo en Zapotitlán Salinas, Tehuacán, Puebla.

Particulares:

- Determinar la densidad poblacional de bacterias totales y solubilizadoras de fósforo.
- Determinar el tipo de proliferación ( $r$  y  $k$ ) de las bacterias totales y solubilizadoras de fósforo.
- Determinar las características físicas y químicas (concentración de nutrientes vegetales y materia orgánica) del suelo en el área de estudio.
- Relacionar la densidad poblacional bacteriana con los aspectos físicos y químicos del suelo.

## 7. METAS

1. Realizar 5 muestreos, que comprenden 2 en época seca y 3 en época de lluvias en una zona conservada y en una degradada.
2. Realizar cuenta total de bacterias en placa crecidas en medio nutritivo y en medio Pikovskaya.
3. Realizar cuenta de bacterias solubilizadoras de fósforo.
4. Determinar la concentración de nutrientes vegetales.
5. Realizar el análisis estadístico de las poblaciones bacterianas y de las características físicas y químicas del suelo.

## 8. MATERIALES Y MÉTODOS

### 8.1. Descripción del Área de Estudio (Tomado de Hernández, 2002)

La Cuenca de Zapotitlán Salinas que forma parte del Valle de Tehuacán-Cuicatlán situado en el centro de México, se localiza en la región suroeste del Estado de Puebla, entre los  $97^{\circ}24'$  y  $97^{\circ}39'$  Longitud Oeste y entre los  $18^{\circ}12'$  y  $18^{\circ}25'$

Latitud Norte, con un área de 396 km<sup>2</sup>; pertenece al municipio de Zapotitlán Salinas. Limita al Norte con los Cerros Pajarito y Chacateca, al Este con las Sierras de Miahuatpec y Atzingo, al Sur con el cerro Mesa Buenavista y al Oeste con el Cerro Xintle y la Mesa. La Cuenca se formó por una serie de eventos tectónicos a finales de Cretácico y fue modelada por ciclos erosivos muy intensos durante el Cuaternario lo que le dio su configuración actual.

Desde el punto de vista fisiográfico, pertenece a la división de la Sierra Madre del Sur, a la Provincia de las Sierras Centrales de Oaxaca y al Sistema Ecogeográfico Zapotitlán (SEDESOL, 1993). Geológicamente existen diferentes unidades litológicas de los siguientes tipos: metamórfico (esquistos calcáreos, gneises micáceos y talcos), sedimentario (calizas, lutitas, areniscas, conglomerados y coquinas), ígneo intrusivo (granitos), ígneo extrusivo (basalto), así como depósitos y sedimentos, especialmente de aluvión. Las formas de relieve más características son cantiles, declives cóncavos y convexos, lomeríos y sistemas de terrazas aluviales. Las unidades de suelos representativas del área son: litosoles, rendzinas, fluvisoles y regosoles; de colores claros; texturas medias y deficientes en materia orgánica (INEGI, 1983). En relación a sus características hidrológicas, la zona pertenece a la Gran Cuenca del Papaloapan y a la subcuenca fluvial del Río Salado, la cual presenta una extensión aproximada de 41,710 ha. El clima que prevalece en la región es del tipo Bs<sub>h</sub>hw''(e)g, semiseco-cálido, con lluvias de verano, extremoso, con una oscilación entre 7° y 14° C y una variación de temperatura tipo Ganges ( INEGI, 1987). El tipo de comunidad vegetal predominante es de tipo xerófila, con dominio del matorral crasicaule de cactáceas columnares en las partes de mayor altitud y matorral espinoso en los puntos más bajos. Las actividades humanas importantes que se desarrollan en la región son: agricultura de temporal, extracción de mármol, ónix y arena-grava, así como la explotación de sal gema y la avicultura. Los principales problemas que se han detectado son: falta de agua, erosión, salinidad del suelo, compactación y pérdida de materia orgánica en los terrenos agrícolas.

## 8.2. Zonas de Muestreo

Se determinaron dos zonas con características diferentes y claramente definidas que son las siguientes:

**Zona conservada:** Dominan las condiciones típicas de la región con vegetación arbustiva (matorral crasicaule) compuesta principalmente por cactáceas columnares (*N. tetetzo*) y especies de *Prosopis* sp., donde no existen evidencias claras de degradación, como son fragmentación del paisaje y erosión; se encuentra ligeramente arriba de los 1440 msnm en las coordenadas 18° 19' 41" latitud norte y 97° 27' 12" longitud oeste. Pertenece al Sistema Terrestre Zapotitlán en la Subcuenca El Cutác, tiene como unidad geomorfológica la barranca y presenta una inclinación de 17 % (Barrera, 2001). El tipo de suelo es fluvisol calcárico, con una vegetación de matorral espinoso en asociación con matorral crasicaule y con una geoforma de declive o ladera.

**Zona degradada:** Presenta efectos muy evidentes de degradación que es manifestada por la fragmentación del paisaje y una pérdida parcial de la biota establecida, los suelos son pedregosos con pendientes prolongadas y se observa una fuerte erosión hídrica. La actividad humana es evidente por el ramoneo de animales domésticos. Se encuentra a 1440 msnm en las coordenadas 18° 19' 37" latitud norte y 97° 27' 12" longitud oeste. Pertenece al Sistema Terrestre Aluvión en la Subcuenca El Cutác, tiene como unidad geomorfológica la barranca y presenta una inclinación de 39 %. El tipo de suelo es fluvisol calcárico erosionado con vegetación de matorral espinoso en asociación con matorral crasicaule y presenta una geoforma de terraza (Barrera, 2001).

## 8.3. Diseño Experimental

Se realizaron 5 muestreos, uno por mes durante el periodo de abril a agosto del 2000 en las dos zonas previamente establecidas. Los muestreos de abril y mayo contemplan la época seca del lugar, mientras que junio, julio y agosto la época de lluvias.

En la zona conservada se aplicó un muestreo aleatorio en cuadrantes de 10 x 10 m y se tomaron muestras de suelo rizosférico de 3 individuos de *Prosopis* sp., 3 de *N. tetetzo* y de 3 relaciones *Prosopis* sp.-*N. tetetzo*, además de un suelo desnudo. En la zona degradada por la escasez de organismos se aplicó un muestreo dirigido y se escogieron el



mismo número de organismos que en la zona conservada junto con un suelo desnudo. A cada una de las muestras durante los 5 meses se les realizaron determinaciones biológicas, físicas y químicas en el Laboratorio de Microbiología de la Unidad de Biología Tecnología y Prototipos de la FES Iztacala UNAM quedando de la siguiente forma.

Zona Conservada (suelo rizosférico) Microambientes	No. de muestras por mes	Determinación
<i>Prosopis</i> sp.	3 individuos	Biológica, física y química
<i>Neobuxbaumia tetetzo</i>	3 individuos	Biológica, física y química
<i>N. tetetzo-Prosopis</i> sp.	3 relaciones	Biológica, física y química
Suelo desnudo	1 muestra	Biológica, física y química
<b>Zona degradada (suelo rizosférico)</b>		
<b>Microambientes</b>		
<i>Prosopis</i> sp.	3 individuos	Biológica, física y química
<i>Neobuxbaumia tetetzo</i>	3 individuos	Biológica, física y química
<i>N. tetetzo-Prosopis</i> sp.	3 relaciones	Biologica, física y química
Suelo desnudo	1 muestra	Biologica, física y química

#### 8.4. Obtención y Procesamiento de las Muestras

Las muestras de suelo se obtuvieron en la zona de raíces de cada individuo y a una profundidad de 10 cm con el uso de palas de jardinero y se depositaron en bolsas selladas herméticamente para su transportación. Es importante destacar que las muestras estaban libres de costras biológicas. Para las determinaciones biológicas las muestras fueron tamizadas en una malla de 2 mm de abertura y homogenizadas, mientras que además fueron secadas a temperatura ambiente por 72 h y mantenidas a 4° C para su uso posterior en la mayoría de determinaciones físicas y químicas.

#### 8.5. Determinación Biológica

Se determinó a partir de la detección de poblaciones bacterianas por la cuenta total de bacterias, cuenta de microorganismos solubilizadores de fósforo, su aislamiento y caracterización metabólica. La inoculación para la cuenta de microorganismos se realizó en las instalaciones del Jardín Botánico de Zapotitlán Salinas Puebla. a partir de las 12 a 24 h de realizar la toma de muestras

a) *Cuenta total de bacterias en agar nutritivo*: se utilizó el método de cuenta viable para obtener el total de microorganismos cultivables en ese medio, se peso 1 g de suelo

rizosférico de cada muestra previamente homogeneizado y se realizaron diluciones seriadas de  $10^{-1}$  a  $10^{-6}$  en tubos de ensaye de 16 x 150 mm utilizando como diluyente extracto de suelo del lugar (Apéndice 1). Se inocularon con una micropipeta 30  $\mu$ l de cada dilución de  $10^{-4}$  a  $10^{-6}$  cuatro veces por dilución en cajas de Petri con agar nutritivo (Apéndice 1) y posteriormente se realizó la dispersión en superficie con una varilla de vidrio acodada y se incubaron las cajas a 28° C por 10 días. Se contó el número de colonias presentes por cada caja que presentaba un intervalo de 30 a 300 colonias y así obtener las Unidades Formadoras de Colonias por gramo de muestra (UFC / g de muestra).

**b) Cuenta total de bacterias solubilizadoras de fósforo:** a partir de las diluciones preparadas anteriormente se inocularon 30  $\mu$ l de cada dilución de  $10^{-4}$  a  $10^{-6}$ , con cuatro repeticiones cada una, y se sembraron en cajas de Petri con medio selectivo Pikovskaya (Pikovskaya, 1948) (Apéndice 1) para organismos solubilizadores de fósforo. Se realizó el método de dispersión en superficie, se incubaron las cajas a 28° C por 10 días y se obtuvo el UFC / g de muestra. Además se contabilizaron las colonias que presentaron halo solubilizador en dicho medio de cultivo.

**c) Determinación de estrategias de proliferación r y k:** las siembras obtenidas en la cuenta total de bacterias crecidas en agar nutritivo y de bacterias solubilizadoras de fósforo fueron revisadas a los 7 días para estimar las colonias correspondientes a las estrategias r y entre los 10 y 15 días para las estrategias k (De Leij *et al*, 1994).

**d) Aislamiento y caracterización de microorganismos solubilizadores de fósforo:** las colonias que presentaron halo solubilizador se aislaron por estría cruzada y se resembraron en medio Pikovskaya. A cada aislamiento se determinó su morfología microscópica y colonial, así como su reacción a la tinción de Gram. Para su caracterización metabólica se sembraron en caldo base-rojo de fenol (Apéndice 1) enriquecido con diversos carbohidratos al 1% (celobiosa, arabinosa, lactosa, dextrosa, manitol, sacarosa, maltosa, galactosa, manosa, fructosa, dulcitol, sorbitol, rafinosa, mioinositol, adonitol, ramnosa y ribosa) como única fuente de carbono.

### 8.6. *Determinación Física*

Para la determinación física de los suelos rizosféricos se elaboraron muestras compuestas al igual que en materia orgánica y se obtuvieron los siguientes parámetros: textura por el método del hidrómetro de Bouyoucos, densidad real (picnómetro) y aparente (volumétrico), porosidad, contenido de humedad (gravimétrico), grado de compactación (penetrómetro) y capacidad de campo; estos parámetros se obtuvieron del manual de Muñoz *et al*, 2000. (Apéndice 2)

### 8.7. *Determinación Química*

A cada muestra se le determinó la concentración de algunos nutrimentos vegetales disponibles que son: nitratos, amonio, fósforo, potasio, magnesio y calcio, por el método colorimétrico de LaMotte modelo AM-32. Por otro lado se obtuvo el porcentaje de materia orgánica para cada muestra.

*Obtención de % materia orgánica:* el contenido de materia orgánica de cada muestreo se obtuvo por la técnica de Walkley y Black tomada de Muñoz *et al* 2000 (Apéndice 2) a partir de muestras compuestas de *Prosopis* sp, *N. tetetzo*, relación *N.tetetzo-Prosopis* sp. tanto de la zona conservada como de la zona degradada, y en los suelos desnudos como a continuación se muestra:

M.O.PC: materia orgánica muestra compuesta de *Prosopis* sp. zona conservada.

M.O.NC: materia orgánica muestra compuesta de *N. tetetzo*. zona conservada.

M.O.RC: materia orgánica muestra compuesta de Relación zona conservada.

M.O.SDC: materia orgánica suelo desnudo zona conservada.

M.O.PD: materia orgánica muestra compuesta de *Prosopis* sp. zona degradada.

M.O.ND: materia orgánica muestra compuesta de *N. tetetzo*. zona degradada.

M.O.RD: materia orgánica muestra compuesta de Relación zona degradada.

M.O.SDD: materia orgánica suelo desnudo zona degradada.

### 8.8. *Pruebas Estadísticas*

Se aplicaron varias pruebas estadísticas (Zar, 1984) tanto paramétricas como no paramétricas dependiendo el tipo de datos arrojados por las distintas pruebas realizadas sobre los suelos rizosféricos. Las pruebas paramétricas fueron *t* de student, análisis de varianza, y las no paramétricas fueron la prueba de  $X^2$ , Kruskal Wallis y la prueba de

Mann-Whitney. Todas fueron sometidas a nivel de significancia de  $\alpha$  0.05. (ver detalle en resultados y apéndice 3)

## 9. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 9.1. Zona Conservada vs. Zona Degradada

#### 9.1.1. Pruebas Físicas del Suelo

El promedio de los valores físicos del suelo se obtuvo a partir de 10 muestras de la zona conservada, y 10 de la zona degradada. Estos valores mostraron las siguientes características.

**Tabla 1** Características Físicas del Suelo en las Zonas Conservada y Degradada de Zapotitlán Salinas.

Prueba Física	Sitio	
	Zona Conservada	Zona Deteriorada
% de arenas	50.92	44.52
% de limos	25.63	33.86
% de arcillas	<u>23.46</u>	<u>21.66</u>
Clase Textural	Migajón Arcilloso Arenoso	Migajón Arcilloso
Densidad Real (g/cm <sup>3</sup> )	2.132	2.314
Densidad Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	0.92	1.25
Porosidad (%)	<u>56.49</u>	<u>45.92</u>
Capacidad de Campo (%)	<u>67.101</u>	<u>39.978</u>
Grado de Compactación	<u>1.055</u>	<u>1.976</u>
% de Humedad*	<u>11.345</u>	<u>6.856</u>

En los datos de las distintas pruebas que se encuentran subrayados se presentaron diferencias estadísticas entre ambas zonas con la prueba de  $t$   $\alpha$  0.05.

\* En esta prueba hubo diferencias entre los distintos suelos de la zona deteriorada con el estadístico ANOVA ver texto.

La clase textural del suelo de la zona conservada correspondió a migajón arcilloso arenoso, mientras la textura de la zona degradada se ubicó en migajón arcilloso. Es de destacarse que el suelo de la zona conservada fue significativamente diferente del de la zona degradada ( $\alpha$  0.05) en el porcentaje de limos (25.63 % y 33.86 % respectivamente). (Tabla 1). Por otro lado, se observan diferencias en los datos reales obtenidos de los microambientes para cada una de las zonas generadas por la variación en el depósito de materiales en los distintos niveles del suelo observados en el área de muestreo (Apéndice 3).

Los valores más altos de densidad real y densidad aparente se presentaron en la zona deteriorada. (Tabla 1). Sin embargo, ambas zonas no fueron diferentes estadísticamente con la prueba de t ( $\alpha$  0.05). Es preciso mencionar, que las diferencias observadas en estas pruebas son suficientes para inferir técnicamente que los suelos de ambas zonas sí son distintos. En cuanto al porcentaje de porosidad que presentaron los suelos, en la zona conservada se determinó el mayor valor con 56.49 % (Tabla 1), mientras que en la zona degradada fue de 45.92 %, la prueba de t ( $\alpha$  0.05) indica que si hay diferencias significativas entre los valores de la zona conservada y la zona degradada en la porosidad.

La capacidad de campo que presentó el suelo de la zona conservada fue mayor y difirió significativamente con los datos observados en la zona degradada (Tabla 1). En cuanto al grado de compactación, la zona degradada fue la que presentó el valor mas alto con 1.976. En ambas determinaciones se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las zonas.

Los valores presentados en porcentaje de humedad son el promedio de 3 meses evaluados (junio, julio y agosto), y cada uno con 10 muestras por zona (conservada y degradada). Como se observa en la tabla 1, el porcentaje de humedad del suelo de la zona degradada presentó el valor más bajo (6.8 %), mientras que en la zona conservada se mantuvo con 11.3 %, ambas zonas fueron diferentes significativamente ( $\alpha$  0.05). Es importante mencionar que entre los cuatro microambientes evaluados de la zona degradada (*Prosopis* sp, *N. tetezo*, Relación *N.tetezo-Prosopis* sp, y suelo desnudo), el suelo desnudo fue diferente significativamente en relación con los demás suelos de la zona con la prueba de ANOVA ( $\alpha$  0.05) (Apéndice 3).

### **9.1.2. Contenido de Nutrientes Vegetales del Suelo y Materia Orgánica**

Los valores presentados en esta sección para todas las determinaciones son los promedios (50 muestras por zona) que caracterizaron el suelo para cada zona. Los análisis de nutrientes vegetales disponibles tanto en la zona conservada como en la degradada arrojaron los siguientes datos (Tabla 2).

**Tabla 2** Contenido de nutrientes del Suelo en las Zonas Conservada y Degradada de Zapotitlán Salinas

Nutriente	Sitio	
	Zona Conservada	Zona Degradada
Nitratos (ppm)*	8.594	15.513
Fósforo (ppm)	78.571	61.633
Potasio (ppm)	<u>178.2</u>	<u>227.5</u>
Calcio (ppm)	<u>5865</u>	<u>5260</u>

En los datos de las distintas pruebas que se encuentran subrayados se presentaron diferencias estadísticas entre ambas zonas con  $\alpha$  0.05.

\* En esta prueba hubo diferencias entre los distintos suelos de la zona deteriorada con Kruskal-Wallis  $\alpha$  0.05 ver texto.

Como se puede observar en la tabla 2 el contenido de nitratos en ppm de la zona conservada fue menor con 8.59 ppm y fue significativamente menor en relación con la zona degradada; mientras que, en la concentración de fosfatos, la zona conservada presentó el valor más alto y también se presentaron diferencias significativas. En ambas determinaciones se aplicó la prueba Mann-Whitney ( $\alpha$  0.05).

Por otro lado, el análisis de Kruskal-Wallis ( $\alpha$  0.05) reveló que entre los microambientes de la zona degradada el contenido de nitratos fue significativamente diferente. (Apéndice 3)

En cuanto a la cantidad de potasio disponible (Tabla 2), la zona conservada fue diferente estadísticamente en relación con la zona degradada que presentó el valor más alto; mientras que en la concentración de calcio el valor más alto se observó en la zona conservada, también en este parámetro ambas zonas fueron diferentes significativamente. La prueba estadística usada tanto en potasio como en calcio fue Mann-Whitney ( $\alpha$  0.05).

Los valores de la concentración de magnesio y amonio son las frecuencias observadas en los distintos rangos de concentración, y que corresponden a los valores de las cartas de determinación proporcionadas por el fabricante del Kit LaMotte.

**Tabla 3** Frecuencias Observadas en el Contenido Magnesio en las Zonas Conservada y Degradada de Zapotitlán Salinas

Sitio	Muy Bajo [ JMg 1-30 ppm	Bajo [ JMg 31-60 ppm	Medio [ JMg 61-90 ppm	Alto [ JMg 91-120 ppm	Tamaño de muestra
Zona Conservada	3.09	20.12	16.5	9.28	50
Zona Degradada	2.9	18.88	15.49	8.72	45

**Tabla 4** Frecuencias Observadas en el Contenido Amonio en las Zonas Conservada y Degradada de Zapotitlán Salinas

Sitio	Muy Bajo [ $\text{NH}_4$ 1-30 ppm	Bajo [ $\text{NH}_4$ 31-60 ppm	Medio [ $\text{NH}_4$ 61-90 ppm	Tamaño de muestra
Zona Conservada	35	12	2	49
Zona Degradada	35	12	2	49

Como se puede observar en la tabla 3 las mayores frecuencias del contenido de magnesio del suelo de la zona conservada y del suelo de la zona degradada fueron de 20.12 y 18.88 respectivamente, y se presentaron en el nivel de concentración bajo (rango 31-60 ppm). La prueba de  $X^2$  ( $\alpha$  0.05) indica que la concentración de magnesio sí depende del tipo de suelo (zona conservada, zona degradada). Por otro lado, un dato importante se generó en cuanto a la concentración de amonio (tabla 4), las frecuencias mayores se presentaron en el nivel de concentración más bajo (rango 1-30 ppm), tanto en la zona conservada como en la zona degradada se observa el mismo valor de 35, y la prueba de  $X^2$  ( $\alpha$  0.05) indica que la concentración de amonio no depende del tipo de suelo.

Por otra parte, los resultados obtenidos de la concentración de magnesio en los diferentes suelos de cada una de las zonas y analizados con la prueba de  $X^2$  ( $\alpha$  0.05), indican que la concentración de magnesio sí depende del tipo de suelo (microambientes Apéndice 3). Sin embargo, en los suelos de la zona degradada la concentración de amonio sí fue dependiente del microambiente (Apéndice 3).

#### *Materia Orgánica.*

El contenido de materia orgánica de la zona conservada (4.22 %) es claramente mayor que en el suelo de la zona degradada (1.49 %). La prueba de t indicó que sí existen diferencias significativas entre los suelos de ambas zonas ( $\alpha$  0.05).

Por otro lado, también se observó con la prueba de ANOVA ( $\alpha$  0.05) que el contenido de materia orgánica entre los microambientes de la zona deteriorada se presentaron diferencias estadísticas (Apéndice 3).

### 9.1.3. Pruebas Biológicas del Suelo

Los resultados obtenidos en las determinaciones biológicas, bacterias totales, bacterias solubilizadoras de fósforo y relación de estrategias r y k, son los promedios de 50 muestras tanto de la zona conservada como de la zona deteriorada y son resumidas en la tabla 5 que se presenta a continuación.

**Tabla 5 Pruebas Biológicas en las Zonas Conservada y Degradada de Zapotitlán Salinas.**

<i>Prueba Biológica</i>	<i>Sitio</i>	
	<i>Zona Conservada</i>	<i>Zona Deteriorada</i>
Bacterias Totales Nutritivo*	23 x10 <sup>5</sup> UFC/g	12 x10 <sup>5</sup> UFC/g
Bacterias Totales Pikovskaya*	24 x10 <sup>5</sup> UFC/g	11 x10 <sup>5</sup> UFC/g
Bacterias Solubilizadoras*	7 x10 <sup>4</sup> UFC/g	4 x10 <sup>4</sup> UFC/g
Relación r/k nutritivo**	1.1051	1.1075
Relación r/k pikovskaya**	1.092	1.0531

\* Los datos están expresados en unidades formadoras de colonias / g de suelo (UFC/g de suelo).

\*\* Los valores de este parámetro son cocientes obtenidos a partir de los logaritmos obtenidos de bacterias r y k en medio nutritivo y Pikovskaya.

#### *Bacterias Totales.*

Los resultados de bacterias totales crecidas en medio nutritivo (Tabla 5) indican que existe una mayor cantidad de UFC/g de suelo en la zona conservada (23 x10<sup>5</sup> UFC/g de suelo), y que ésta es diferente significativamente ( $\alpha$  0.05) con relación a la zona degradada (12 x10<sup>5</sup> UFC/g de suelo). Por su parte, la zona conservada presentó la mayor cantidad de UFC/g de suelo de bacterias crecidas en medio Pikovskaya y en medio nutritivo (Tabla 5), además de presentarse diferencia estadística entre ambas zonas ( $\alpha$  0.05). La prueba estadística utilizada fue la prueba de t.

Es preciso destacar, que el suelo desnudo de la zona deteriorada fue diferente significativamente con relación a los demás suelos de la misma zona con el uso de ANOVA ( $\alpha$  0.05) (Apéndice 3)

#### *Bacterias Solubilizadoras de Fósforo.*

La cuenta de bacterias solubilizadoras fue determinada por las UFC que fueron capaces de formar un halo solubilizador de fósforo en el medio de cultivo Pikovskaya, indicando la asimilación de fósforo insoluble (fosfato de calcio monobásico), los resultados obtenidos fueron los siguientes: en la zona conservada fue de 7 x10<sup>4</sup> UFC/g de suelo,



mientras que en la zona degradada el valor fue de  $4 \times 10^4$  UFC/g de suelo (Tabla 5). Aunque la zona conservada presenta el valor más alto, usando la prueba de t ( $\alpha$  0.05) no se presentaron diferencias estadísticas entre los suelos de las dos zonas estudiadas.

#### *Relación de Estrategas r / Estrategas k (r/k)*

Existen dos tipos de crecimiento bacteriano, los que se desarrollan bien en ambientes despejados o sin aglomeraciones, denominados estrategias r ó zimógenos y, las que son más competitivas en ambientes con poco sustrato, con aglomeraciones de crecimiento lento y menos sensibles a las toxinas, conocidas como estrategias k ó autóctonas (De Leij et al 1994; Killham, 1994). A partir de las cuentas bacterianas realizadas en los medios nutritivo y Pikovskaya se obtuvieron datos con relación a la estrategia de proliferación, que presentaron las poblaciones bacterianas tanto en el suelo de la zona conservada como en la zona deteriorada. Los resultados muestran lo siguiente: la relación r/k (log UFC/g de suelo) de bacterias crecidas en el medio nutritivo tiene valores para la zona conservada de 1.1051 y para la zona deteriorada de 1.1075 (Tabla 5), indicando que se encuentran en la misma proporción en ambas zonas con una cantidad visiblemente mayor para las estrategias r. Con la prueba de t no se encontraron diferencias estadísticas ( $\alpha$  0.05).

En cuanto al crecimiento en medio Pikovskaya el valor de la relación r/k en la zona conservada (1.092), es ligeramente mayor en estrategias r que en estrategias k en relación con la zona deteriorada (1.0531). Además, se destaca que en el medio selectivo para bacterias solubilizadoras de fósforo y en la relación r/k sí existe diferencia estadística entre los suelos de la zona conservada y de la zona deteriorada con la prueba de t ( $\alpha$  0.05).

## **9.2. Zona Conservada y Zona Degradada (Variación en el Tiempo)**

### **9.2.1. Porcentaje de Humedad**

El porcentaje de humedad de los suelos de ambas zonas sólo se midió en los meses de junio, julio y agosto que son los meses en que hubo precipitación en la región. Los meses previos no se tomaron en cuenta por encontrarse en periodo de sequía.

Las curvas observadas en la fig. 1 muestran que el % de humedad en ambas zonas durante los meses evaluados tienen la misma tendencia. En junio y agosto se presentan los valores más altos de humedad (zona conservada: 20.561, 11.743; zona degradada: 11.725; 5.320 respectivamente), disminuyendo en julio drásticamente (zona conservada: 1.75; zona degradada: 0.993). Tanto en el suelo de la zona conservada como en el de la degradada el mes de julio es diferente estadísticamente con respecto al mes de junio con la prueba de ANOVA  $\alpha$  0.05.

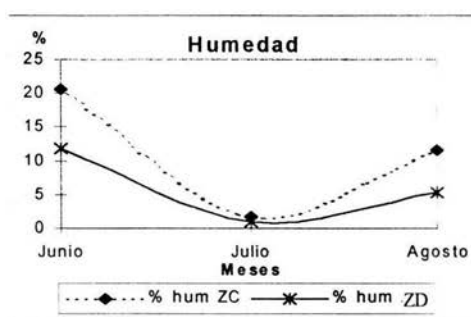
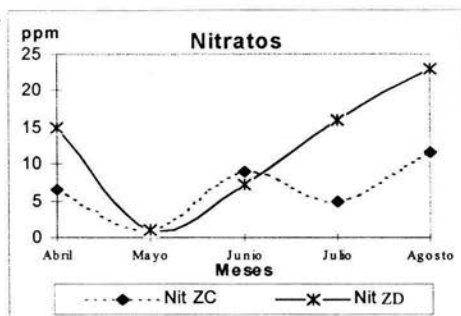


Fig. 1 Variación en el contenido de humedad en la zona conservada y en la zona degradada. Se observa claramente que el mes de Julio es el mes con menor porcentaje de humedad en relación con los otros dos.

### 9.2.2. Contenido de Nutrientes Vegetales del Suelo y Materia Orgánica

#### Nitrógeno.

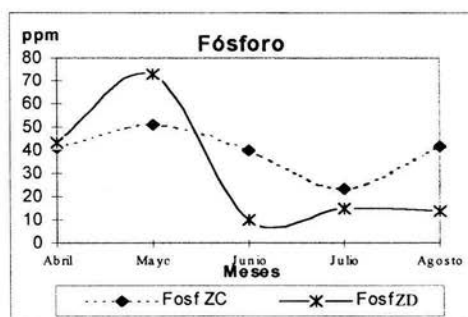
Como se observa en la fig. 2 el contenido de nitratos (ppm) en los suelos de ambas zonas (conservada y degradada) se comportó de forma similar durante los meses de abril, mayo y junio. Sin embargo, después de junio, que es el mes de las primeras lluvias, el comportamiento entre las zonas difiere, pues en la zona conservada el valor disminuye en julio (5 ppm) y termina con un aumento en agosto (11 ppm). En cambio en la zona degradada se presentó un incremento gradual en ambos meses (julio 16 ppm, agosto 23 ppm). En la zona conservada y en los meses evaluados sí se presentó diferencia estadística, mientras que en la zona degradada no se presentaron diferencias en los distintos meses con Kruskal-Wallis ( $\alpha$  0.05).



**Fig. 2** Contenido de nitratos. En la gráfica se observa que los valores mayores del contenido de nitrógeno se presentan en los meses de junio y agosto que fueron diferentes estadísticamente en relación al mes de mayo.

### Fósforo.

En cuanto al contenido de fósforo, se observa que en la zona conservada la variación es menor y sólo presenta una disminución en julio con 23.25 ppm (fig. 3). En esta zona no se presentó diferencia significativa (Kruskal-Wallis  $\alpha$  0.05). Por otro lado el contenido de fósforo del suelo de la zona degradada presenta una disminución notable entre los meses de mayo y junio para posteriormente estabilizarse en los niveles más bajos de la zona con 15 ppm en julio y 14 ppm en agosto. Sólo la zona degradada presentó diferencias significativas entre el mes de mayo y los meses de junio, julio y agosto.



**Fig. 3** Contenido de fósforo. En la gráfica se observa que el fósforo disponible disminuye en ambas zonas en los meses de junio, julio y agosto. En la zona degradada, el mes de mayo fue diferente estadísticamente de los meses de junio, julio y agosto.

### Potasio.

El contenido de potasio en el suelo de la zona conservada (fig. 4) presentó variaciones no pronunciadas entre los meses de abril a agosto cuyos valores van de 154 ppm en julio a 190 ppm en abril. En cambio, la zona degradada presentó variaciones en la cantidad de potasio entre los meses de abril (325 ppm), mayo (175 ppm), y junio (263 ppm) para después normalizarse en los meses de junio y agosto. Estas diferencias en la zona degradada fueron significativas estadísticamente (Kruskal-Wallis  $\alpha$  0.05).

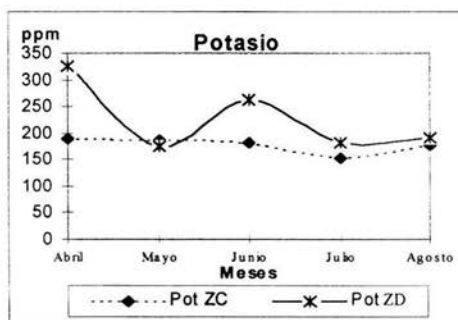
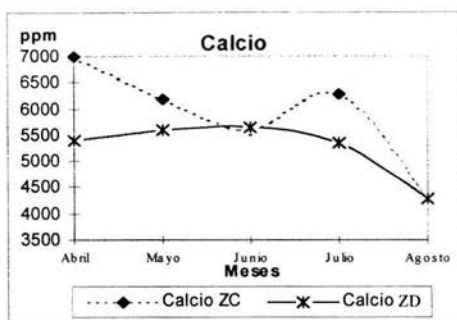


Fig. 4 Contenido de Potasio. En la gráfica se observa que sólo la zona degradada presenta variaciones en el contenido de potasio y en los meses de abril y junio.

### Calcio.

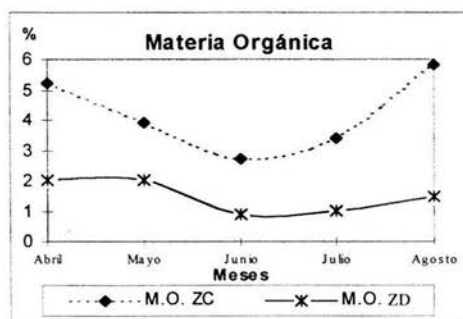
Como se observa en la fig. 5 la cantidad de calcio en la zona conservada disminuye en los meses de junio (5 600 ppm) y agosto (4 275 ppm) que son los meses en donde se presentó un alto contenido de humedad. Mientras que, por otro lado, en abril, mayo y julio presentaron los valores más altos. Agosto presenta diferencias estadísticas con respecto a los meses abril, mayo y julio (Kruskal-Wallis  $\alpha$  0.05). En la zona degradada los valores se mantuvieron constantes y sólo en el mes de agosto se vio una disminución sin que esta diferencia fuese significativa estadísticamente.



**Fig. 5** Contenido de calcio en los meses evaluados. El contenido de calcio en la zona degradada se mantiene constante hasta el mes de agosto con una ligera disminución, mientras que en la zona conservada disminuye en los meses de junio y agosto.

### *Materia Orgánica.*

En los valores de materia orgánica tanto del suelo de la zona conservada como en el de la zona degradada, se presentó la misma tendencia en los meses evaluados (fig. 6), aunque como se observó anteriormente existe un menor contenido de materia orgánica en el suelo de la zona degradada. En la gráfica se observa claramente que en el mes de junio se presentó una disminución en el porcentaje de materia orgánica tanto en la zona conservada como en la zona degradada (2.708 % y 0.903 % respectivamente). Los valores obtenidos en materia orgánica para cada una de las zona y en los meses del muestreo no presentaron diferencias estadísticas ( $\alpha 0.05$ ).



**Fig. 6** Porcentaje de materia orgánica. En la grafica se observa una dinámica en el porcentaje de materia orgánica similar para la zona conservada como para la zona deteriorada, además la zona deteriorada presenta un menor contenido en los meses evaluados.

### 9.2.3. Pruebas Biológicas del Suelo

#### *Bacterias Totales.*

Las bacterias totales del suelo conservado (Unidades Formadoras de Colonias / g de suelo), presentaron la misma tendencia entre los meses de abril a agosto cuando se sembraron tanto en medio nutritivo como en medio Pikovskaya (figs. 7a y 7b). De abril a mayo se observa un incremento en la población de bacterias (de  $12 \times 10^5$  a  $32 \times 10^5$  UFC/g de suelo; nutritivo) que se mantiene en forma estacionaria durante junio y julio ( $33 \times 10^5$  y  $31 \times 10^5$  respectivamente en nutritivo;  $33 \times 10^5$  y  $35 \times 10^5$  respectivamente para el medio Pikovskaya), y que posteriormente la cantidad disminuyó en el mes de agosto ( $14 \times 10^5$  en nutritivo y  $18 \times 10^5$  en Pikovskaya). En los valores obtenidos en esta zona se encontraron diferencias estadísticas entre abril y agosto en relación con los demás meses y en ambos medios de cultivo (ANOVA  $\alpha$  0.05).

Por otro lado, se observan incrementos de UFC/g de suelo en la zona degradada en los meses de mayo y julio (fig 7b). Sin embargo, aunque los incrementos de la zona degradada son claros no se presentaron diferencias estadísticas en los meses evaluados ( $\alpha$  0.05).

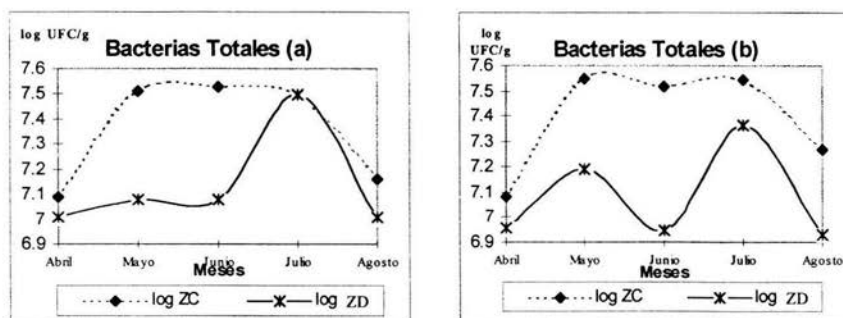
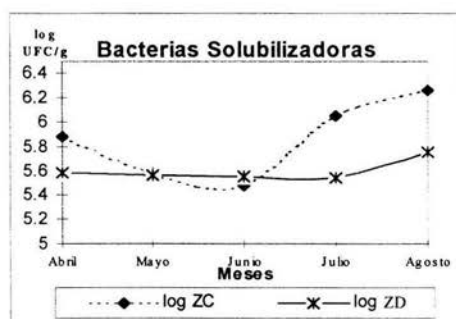


Fig 7 Dinámica bacteriana total en los meses evaluados. La figura nos indica los logaritmos de las UFC/g de suelo obtenidas a partir del crecimiento en medio nutritivo (a), y en medio Pikovskaya (b)

#### *Bacterias Solubilizadoras.*

Las bacterias solubilizadoras de fósforo presentaron la siguiente tendencia: en la zona conservada la cantidad de bacterias (UFC/g de suelo) disminuyó en los meses de mayo y junio ( $3 \times 10^4$  mayo a  $3 \times 10^4$  junio) (fig. 8), y presentó un incremento en los meses

de julio y agosto ( $1 \times 10^5$  millones y  $18 \times 10^4$  respectivamente). En cambio, en la zona degradada, esta población bacteriana se mantuvo constante alrededor de  $3.98 \times 10^5$  UFC/g de suelo durante los 5 meses muestreados. Con la prueba de ANOVA ( $\alpha 0.05$ ) sólo se presentó diferencia significativa entre el mes de agosto y los meses de mayo y junio dentro de la zona conservada.



**Fig 8** Dinámica bacteriana solubilizadora de fósforo en los meses evaluados. Logaritmo de Unidades Formadoras de Colonias / g de suelo de las bacterias que presentaron halo solubilizador de fósforos y que fueron crecidas en medio Pikovskaya.

#### *Relación r/k en el tiempo.*

Las proporciones de las distintas estrategias de proliferación de bacterias durante el tiempo de muestreo presentaron patrones similares al crecimiento de bacterias totales. En la zona conservada, los meses en los cuales se desarrollaron más las estrategias r que las k en medio nutritivo son mayo y julio (relación r/k mayo 1.15268; relación r/k julio 1.14674) (fig. 9), mientras que en los meses restantes ambos tipos de estrategias se presentaron en proporciones similares. En la zona degradada se presentó una tendencia parecida con valores de r/k de 1.11902 y 1.14527 en mayo y junio respectivamente.

Con respecto al tipo de crecimiento en el medio Pikovskaya los valores de la relación se mantienen más constantes (fig. 10), desde 1.08478 (abril) a 1.11377 (mayo) para la zona conservada y de 1.03825 (julio) a 1.06235 (abril) para la zona degradada. En el tipo de proliferación en este medio de cultivo se puede observar que en la zona degradada existe una cantidad ligeramente mayor de las estrategias r con respecto a las k.

En la relación de los tipos de proliferación durante los meses del muestreo y en ambos medios de cultivo no se presentaron diferencias estadísticamente significativas con la prueba de ANOVA ( $\alpha$  0.05).

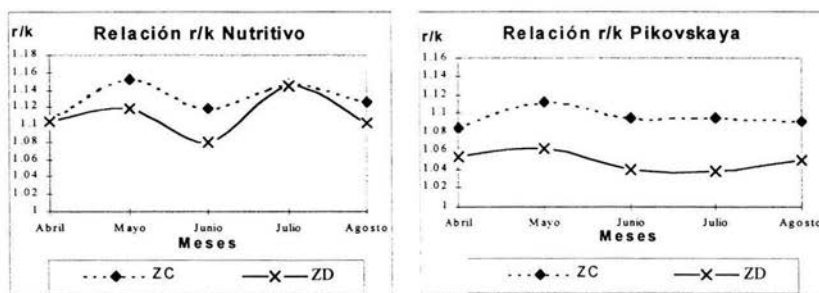


Fig. 9 y 10 Estrategias de proliferación  $r$  y  $k$ . Relación estrategias  $r/k$  de poblaciones bacterianas totales crecidas en los medios nutritivo y Pikovskaya durante los meses evaluados.

### 9.3. Caracterización Metabólica de Bacterias Aisladas en las Zonas Conservada y Degradada

#### Metabolismo de Carbohidratos.

A continuación se describe los aislamientos bacterianos tanto de la zona conservada, como de la degradada que presentaron halo solubilizador en el medio Pikovskaya, y que fueron capaces de fermentar distintos monosacáridos, oligosacáridos y polialcoholes para su uso como fuente de carbono (Tabla 6; Apéndice 4).

**Tabla 6** Pruebas de Asimilación\* de Carbohidratos en Aislamientos Bacterianos de las Zonas Conservada y Degradada de Zapotitlán Salinas.

Fermentación	Aislamientos	
	Zona Conservada(7**)	Zona Degradada(32**)
Al menos un carbohidrato	71 %	69 %
Dos ó más carbohidratos	29 %	22 %
Monosacáridos	71 %	72 %
Oligosacáridos	29 %	25 %
Polialcoholes	29 %	9 %
Ninguno	29 %	31 %

\* La fermentación fue detectada con el uso del cambio de coloración del Caldo Base-Rojo de Fenol.

\*\* Estos números indican los aislamientos para cada zona de un total de 39 donde se evaluó el metabolismo de carbohidratos.



Los datos que se presentan en la tabla 6 fueron obtenidos de la asimilación de 7 monosacáridos (arabinosa, dextrosa, galactosa, manosa, fructosa, L-ramnosa y ribosa), 5 oligosacáridos (celobiosa, lactosa, sacarosa, maltosa y rafinosa), y de 5 polialcoholes (manitol, dulcitol, sorbitol, mio-inositol y adonitol). Cada aislamiento fue sometido por triplicado a cada una de las pruebas de asimilación previamente mencionadas. Los resultados indican que el 70 % de los aislamientos tanto de la zona conservada como de la zona degradada fueron capaces de metabolizar vía fermentativa al menos un carbohidrato de los evaluados, mientras que los restantes fueron incapaces de asimilar los carbohidratos probados. Por otro lado, la cantidad de aislamientos capaces de asimilar azúcares del tipo monosacárido y oligosacárido para ambas zonas fue aproximadamente 70 % con monosacáridos y de 25 a 30 % con oligosacáridos. Sin embargo, la utilización de polialcoholes fue distinta para ambas zonas, en la zona conservada el 29 % de los aislamientos fueron capaces de asimilar polialcoholes, y en la zona degradada sólo el 10 % fue capaz de hacerlo.

#### **Capacidad solubilizadora de fósforo.**

En las pruebas realizadas para determinar la capacidad solubilizadora de fósforo de los 26 aislamientos obtenidos durante el muestreo (5 de la zona conservada, 21 de la zona degradada; ver apéndice 4), se pudo observar que todos fueron capaces de solubilizar 3 distintos tipos de fosfatos (fosfato de calcio monobásico, dibásico y tribásico). Los datos mostrados son el diámetro promedio de 3 mediciones del halo solubilizador para cada aislamiento crecido en medio Pikovskaya, e indican que cada especie desarrolla mecanismos para la solubilización de distintos fosfatos de calcio en distintos grados de solubilización.

## 10. DISCUSIÓN

### Zona Conservada vs. Zona Degradada

El análisis de los datos generados en los microambientes tales como los suelos rizosféricos de *Prosopis* sp., *N. tetetzo*, relación *Prosopis* sp.-*N. tetetzo*, y suelo desnudo, no presentaron diferencias significativas en todas las pruebas evaluadas. El uso de técnicas microbiológicas aplicadas en este estudio como son las UFC/g de suelo, solo permiten determinar un panorama global de los procesos presentes en un sistema. Por lo tanto, estos resultados sugieren que para determinar la presencia real de microambientes creados principalmente por las rizósferas de estos organismos, es necesario utilizar técnicas analíticas más sensibles que nos permitan evidenciar estas diferencias.

Con los resultados obtenidos en las pruebas físicas y químicas del suelo rizosférico durante los muestreos realizados en el Valle de Zapotitlán Salinas Puebla, se pudo determinar que los suelos de la zona conservada son distintos significativamente en relación con los suelos de la zona degradada. Por lo tanto, las diferencias observadas entre ambas zonas tanto en las características físicas del suelo como en la disponibilidad de nutrimentos están relacionadas con la proliferación de los grupos funcionales de los microorganismos estudiados.

En la zona degradada tanto la población de bacterias totales ( $12 \times 10^5$  en medio nutritivo y  $11 \times 10^5$  UFC/g de suelo en medio Pikovskaya), como la población de bacterias solubilizadoras de fósforo ( $4 \times 10^4$  UFC/g de suelo) se vieron afectadas principalmente por factores como son: porosidad, grado de compactación, capacidad de campo y porcentaje de humedad. Los factores físicos actúan como barreras físicas que contribuyen por bloquear el acceso de los microorganismos a los nutrimentos que están distribuidos heterogéneamente en el suelo (Smiles, 1988). Como sólo hubo diferencia significativa en las bacterias totales, se sugiere que los factores físicos del suelo afectan de distinta forma a las poblaciones bacterianas y que el grupo funcional de bacterias solubilizadoras de fósforo puede responder más eficientemente en distintos hábitats. Una posible explicación a esto es que la presencia del grupo funcional en el estudio depende más de la cantidad de bacterias que de las especies presentes y que pocas especies en la zona degradada presenten mayores tasas de crecimiento.

Por otro lado, en los conteos de bacterias totales en medio nutritivo se encontró que existe una mayor cantidad de bacterias en la zona conservada con aproximadamente  $23 \times 10^5$  UFC/g de suelo, mientras que en la zona degradada fue de  $11 \times 10^5$  UFC/g de suelo. Estos resultados indican que el suelo de la zona conservada presenta mejores condiciones físicas para la proliferación bacteriana al ser más porosos (56.5 %), presentar mayor capacidad de campo (67.1 %), y un mayor contenido de humedad (11.34 %) que la zona degradada. La estructura del suelo que es el nivel de organización de los minerales, materia orgánica y espacio poroso, juega un papel muy importante ya que el arreglo que presenten sus componentes va a permitir la formación variada de espacios donde las comunidades edáficas van a asociarse para su proliferación (Hassett y Banwart, 1992). En cuanto a las características físicas como son densidad real y aparente, y grado de compactación como ya se mencionó, también pueden estar influyendo en la generación de espacios que sirven de base para el desarrollo y proliferación de diversas poblaciones de microorganismos. El espacio y la presencia de elementos, como son limos, arcillas y arenas que son fundamentales para la estructuración del suelo, son usados por los microorganismos de distintas formas modificando el ambiente y generando, a su vez, un estado heterogéneo característico de todos los suelos en sistemas naturales, aunque también existen microorganismos conocidos como metabiontes que tienen la capacidad de crear, mantener ó modificar las características físicas y químicas generando su propio hábitat y que servirá de base para la proliferación de más microorganismos (Saville, 1999).

El agua es primordial para el establecimiento de los microorganismos, ioniza los macro y micronutrientes vegetales y permite la fermentación de la materia orgánica para facilitar su biodegradación. El contenido de humedad y la capacidad de los suelos para retenerla, limita fuertemente la proliferación y supervivencia de los microorganismos en los microambientes generados, y es claramente visible la diferencia de dichos factores entre la zona conservada y la zona degradada. Además, los suelos de la zona degradada presentaron un mayor grado de compactación ( $1.98^\circ$ ) que impide de cierta forma que los microorganismos se establezcan. Un suelo compacto restringe el crecimiento de las raíces, genera una pobre aireación y detiene la impedancia mecánica disminuyendo la infiltración del agua dentro del suelo (Hassett y Banwart, 1992).

Otro elemento importante es la presencia de raíces ya que estas producen y excretan metabolitos indispensables para el desarrollo de microorganismos como son azúcares y compuestos nitrogenados. En la mayoría de los ecosistemas terrestres las plantas son la influencia dominante que controla la diversidad y distribución de la biota del suelo, en los desiertos, esta se concentra cerca de las plantas que proporcionan islas de recursos en este ambiente poco fértil (Reynolds *et al*, 1999; Wall y Virginia, 1999). En los suelos de la zona degradada es evidente una menor cantidad ó proliferación bacteriana generada, seguramente, por un mayor grado de compactación y por la disminución de la cobertura vegetal, dando como resultado una menor densidad radicular.

Por otro lado, en los resultados de los conteos de bacterias que son capaces de solubilizar fósforo en sus formas no asimilables indican que aunque no existen diferencias estadísticas entre ambas zonas, sí se presenta una mayor cantidad de este grupo funcional bacteriano en la zona conservada con  $7 \times 10^4$  UFC/g de suelo sugiriendo que el suelo de la zona conservada es más propicio para que las transformaciones de este elemento sea más eficiente de tal forma que permita a las plantas utilizarlo como fuente de fósforo. Los suelos de los desiertos alcalinos contienen altas concentraciones de fosfatos de calcio insolubles, pero son deficientes en ortofosfato soluble que es esencial para el crecimiento de plantas. En estos ambientes extremos, una estrategia adaptativa son las asociaciones específicas entre las raíces de las plantas y las bacterias solubilizadoras de fósforo mineral (Goldstein *et al* 1999).

Cabe mencionar que la relación entre bacterias totales y bacterias solubilizadoras de fósforo varía en sólo dos ordenes de magnitud (de  $10^7$  a  $10^5$  respectivamente) indicando que estas últimas forman una parte importante del sistema edáfico de Zapotitlán Salinas y que su presencia en estas cantidades, tanto en los suelos de la zona conservada como en la zona degradada, sugiere que la transformación del elemento se realiza permanentemente en ambas zonas. Como ya se mencionó, las bacterias solubilizadoras de fósforo son vitales para el desarrollo de sistemas naturales donde la disponibilidad de los fosfatos es pobre, estas transforman este elemento de un estado no asimilable para otros organismos propios del sistema a un estado asimilable. Las bacterias solubilizadoras de fósforo, juegan un papel importante en el ciclo de fósforo, puesto que en regiones

semiáridas la mayoría del fosfato mineral no es biodisponible y solamente la hidroxiapatita es ligeramente soluble (Goldstein *et al*, 1999).

La proliferación bacteriana depende también de la concentración de nutrimentos disponibles presentes en los suelos, ya que los microorganismos son importantes para el reciclamiento y movilización de nutrimentos generados por la materia orgánica. En la tipificación química de los suelos de las zonas evaluadas, se presentaron diferencias entre ambas zonas en la concentración de nitratos, fósforo, potasio y calcio. La disponibilidad de dichos elementos está dada por las partículas que componen el suelo, el arrastre de nutrimentos de una zona a otra por la caída de la hojarasca y por el producto de la descomposición de la materia orgánica. El contenido de materia orgánica encontrada en la zona degradada (zona degradada 1.49 %), indica que los suelos de dicha zona son moderadamente pobres en materiales para reciclamiento aunque sí estén presentes, pero que no se compara con la zona conservada que es moderadamente rica (zona conservada 4.27 %). Las bacterias del suelo son esenciales para los ciclos de los nutrimentos, degradación de la materia orgánica y para el desarrollo de los procesos del suelo (Evans *et al* 1999). Estos procesos mediados por bacterias son importantes para la productividad y estabilidad en los sistemas áridos, pero se conoce poco de las respuestas de esas comunidades generada por cambios ambientales (Kuske *et al*, 2002)

En cuanto a las estrategias de proliferación r y k, la relación r/k no arrojó claras diferencias entre los dos tipos de estrategias entre las zonas estudiadas. La relación se encuentra ligeramente por arriba de 1 tanto en las bacterias crecidas en medio nutritivo como en Pikovskaya. La relación entre estrategias r y k bacterianas podría ser un indicador de la capacidad que tiene el suelo para retener sus nutrimentos durante un proceso de deterioro (Rodríguez-Zaragoza, 1999). Las estrategias r crecen rápidamente por aprovechar las moléculas de bajo peso molecular, mientras que las estrategias k tienen tasas de crecimiento más lento porque aprovechan moléculas más complejas (De Leij *et al*, 1994). Tanto en la zona conservada, como en la degradada, existe un equilibrio entre estos dos tipos de proliferación en las bacterias totales, por lo tanto ambas zonas retienen los nutrimentos de forma similar, pero ésta retención es más eficiente en la zona conservada por tener una mayor cantidad de UFC/g de suelo. Más aún, la población bacteriana

solubilizadora de fósforo indica que el suelo es mayormente afectado ó en un proceso mayor de deterioro en la zona degradada, ya que el tipo de proliferación r se encuentra ya por encima del tipo k. Existen diferencias entre los mecanismos de proliferación r y k por su habilidad para explotar y sobrevivir en distintos ambientes. En general las estrategias r son características de ambientes inestables, mientras que las estrategias k se desarrollan mejor en ambientes estables (Golovlev, 2001; Sarathchandra *et al*, 1997). Basándose en este contexto, los resultados sugieren que, los suelos rizosféricos de Zapotitlán Salinas evaluados en éste estudio se encuentran en la transición de un estado estable a uno inestable, notado por la presencia ligeramente mayor de estrategias r en la zona degradada.

Finalmente, la caracterización metabólica de los aislamientos obtenidos en ambas zonas que se observa en la tabla 6, indica que los organismos aislados en la zona conservada presentan una mayor diversidad metabólica, ya que asimilan más eficientemente los carbohidratos evaluados que los organismos aislados en la zona degradada. Los resultados obtenidos, sugieren indirectamente, que la zona conservada presenta una mayor variabilidad de sustratos contenidos principalmente en la materia orgánica, ya que los microorganismos presentan la maquinaria bioquímica necesaria para su asimilación, mientras que, los microorganismos de la zona degradada no presentan dicha maquinaria por la ausencia de la variabilidad de sustratos.

### **Zona Conservada y Zona Degradada (Variación en el Tiempo)**

Durante el periodo del muestreo (abril, mayo, junio, julio y agosto), en ambas zonas, la relación entre el contenido de agua en los suelos estudiados (fig. 1) y los resultados obtenidos de las cuentas de bacterias totales crecidas en los medios nutritivo y Pikovaskaya (fig. 7a y 7b), indica que mayo y julio fueron los meses de mayor proliferación bacteriana determinada por las UFC/g y fue donde también se obtuvo un menor contenido de agua (ver fig. 1). Estos resultados sugieren que la cantidad de las bacterias totales del sistema continúa a bajas tensiones hídricas del suelo, y no obstante que la baja disponibilidad del agua puede limitar la proliferación de muchos organismos, las bacterias mantienen sus poblaciones, aunque a un bajo nivel. Un incremento sustancial de disponibilidad de agua puede inducir la disminución de la cantidad de bacterias durante

los meses francos de lluvia (junio y agosto. Neri-Gómez, 2000). Se han observado altas tasas de muerte que son causadas por condiciones desfavorables generadas por los periodos de lluvias en zonas áridas, entre ellas se encuentra el estrés osmótico que se genera por la hidratación rápida después de un periodo largo de sequía (Golovlev, 2001). Las características físicas del suelo y los relieves de la zona previamente determinadas, permiten que las lluvias torrenciales generadas en la región puedan arrastrar tanto material biológico (comunidades bacterianas) como nutrientes vegetales alterando la composición local del sistema. Otro elemento que puede estar influyendo en estas variaciones es que en cuando existe una mayor cantidad de agua los depredadores bacterianos (por ejemplo protozoarios y nemátodos) estén proliferando, y por lo tanto hagan disminuir a las poblaciones bacterianas, lo que explicaría su declive en los meses de lluvia. En estudios de correlación de proliferación bacteriana y de protozoarios, se ha observado que cuando incrementan las amebas del tipo II, desciende considerablemente la cantidad de bacterias totales (García, 2001).

En relación con la presencia de nutrientes disponibles durante los meses evaluados, se observó claramente que la zona conservada mantiene una mayor estabilidad en las fluctuaciones de nutrientes con respecto a la zona degradada, la cual presenta variaciones más drásticas en la concentración de fósforo y potasio, mientras que en la concentración de nitrógeno en ambas zonas varía de la misma forma. Las comunidades bacterianas pueden cambiar rápidamente en respuesta a variaciones en las condiciones nutricionales, por lo tanto, dichas condiciones pueden determinar el tamaño de la estructura de una comunidad microbiana (De Leij *et al*, 1994). Las variaciones en la concentración de nutrientes puede estar influida por varios factores entre los cuales se encuentran: el arrastre de material generado por las lluvias y las pendientes prolongadas, el uso diferencial de los distintos microorganismos presentes en los meses evaluados, los grados de degradación de materia orgánica determinada por otros factores, y/o por su inmovilización ó fijación a elementos no disponibles. Un sistema edáfico tiende a fijar el material presente ya sea biológicamente en biomasa ó materia orgánica y químicamente convirtiendo el material en su forma mineral (por ejemplo los fosfatos). Los fosfatos solubles del suelo reaccionan con los constituyentes mismos del suelo para formar

compuestos que son menos solubles y este efecto depende totalmente del tipo de suelo. En suelos calcáreos los productos de la reacción son generalmente fosfatos de calcio. (Sundara *et al*, 2002.)

La zona conservada se observa que presenta menores fluctuaciones en el contenido de nutrimentos evaluados en relación con el tiempo del muestreo, esto se debió quizá por las características físicas del suelo observadas en el análisis entre zonas.

En cuanto al contenido de materia orgánica en los suelos rizosféricos de ambas zonas se observa claramente que junio es un mes crítico ya que se encuentra la menor concentración de materia orgánica y una disminución evidente en la cantidad de UFC/g de suelo de las bacterias totales. La disminución en ambos factores en el periodo franco de lluvias puede deberse por lo siguiente: la proliferación y actividad de organismos que degradan materia orgánica más compleja es disparada por el alto contenido de humedad en el suelo y la proliferación de organismos depredadores bacterianos aumenta también considerablemente.

Finalmente, la cantidad de UFC/g de suelo de bacterias solubilizadoras de fósforo durante los meses evaluados, sólo se ve afectado en los suelos de la zona conservada, mientras que en los suelos de la zona degradada las cantidades de UFC/g de suelo se mantuvieron constantes. Estos resultados sugieren que éste grupo bacteriano en la zona conservada también es regulado de forma similar que las bacterias totales.



## 11. CONCLUSIONES

Los suelos rizosféricos de ambas zonas fueron diferentes significativamente, presentando distintos grados de degradación evidenciada por los factores físicos, químicos y biológicos que son los que determinan la estabilidad en un sistema edáfico.

La dinámica de poblaciones bacterianas, así como el contenido de nutrimentos presentes en los suelos rizosféricos, dependen del conjunto de características propias (físicas, químicas y biológicas) para cada zona.

El contenido de humedad presente en los suelos, fue un factor determinante en el sistema por disparar los procesos vitales para la proliferación y balance de los grupos funcionales microbianos, que a su vez son la base para la continuidad de la red trófica.

El índice  $r$  y  $k$  de bacterias totales y solubilizadoras de fósforo indicó que el sistema estudiado aún se encuentra en transición de un estado conservado a uno degradado.

El grupo bacteriano solubilizador de fósforo se presentó en ambas zonas y en cantidades muy similares, sin embargo sería importante cuantificar la eficiencia en la transformación de este elemento en cada zona, utilizando especies solubilizadoras de fósforo representativas y manejando las especies de fosfatos de calcio presentes en la región.

## 12. PERSPECTIVAS.

Después de presentar un enfoque global de la relación entre la dinámica bacteriana total y solubilizadora de fósforo con las propiedades físicas y químicas de los suelos rizosféricos, quedaría a consideración las siguientes perspectivas:

Determinar la presencia de microambientes generados por la vegetación representativa de la zona utilizando herramientas de análisis más sensibles como son, biomasa microbiana, riqueza de especies e índices de diversidad entre otros.

Determinar la riqueza de especies de bacterias solubilizadoras de fósforo, su abundancia y distribución, así como la eficiencia de solubilización de los elementos autóctonos del lugar, con el fin de entender mejor el proceso realizado por este grupo bacteriano en regiones áridas como Zapotitlán Salinas, Puebla.

### 13. BIBLIOGRAFÍA

1. Alexander M., 1981. Introducción a la Microbiología del Suelo., AGT, Editor. p. 27-45, 355-371.
2. Azcon R., J.M Barea and D.S. Hayman, 1976. Utilization of Rock Phosphate in Alkaline Soils by Plants Inoculated with Mycorrhizal fungi and Phosphate-Solubilizing Bacteria., *Soil Biol. Biochem.* 8: 135-138.
3. Barrera C.C., 2001. Descripción y Regionalización Fisiográfica del Valle de Zapotitlán, Puebla. Tesis Licenciatura. FES Iztacala UNAM.
4. Belimov A., A.P. Kojemiakov and C.V. Chuvarliyeva, 1995. Interaction Between Barley and Mixed Cultures of Nitrogen Fixing and Phosphate-Solubilizing Bacteria., *Plant and Soil.* 173: 29-37.
5. Chabot R., H.N. Antoun and M.P. Cescas, 1996. Growth Promotion of Maize and Lettuce by Phosphate-Solubilizing *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli*, *Plant and Soil.* 184: 311-321.
6. Coleman D.C., 1994. The Microbial Loop Concept as Used in Terrestrial Soil Ecology Studies. *Microbial Ecology.* 28:245-250
7. De Leij F.A., Whipps J.M. and J.M. Lynch, 1994. The Use of Colony Development for the Characterization of Bacterial Communities in Soil and Roots. *Microbial Ecology.* 27:81-97
8. Evans R., and J. Johansen 1999. Microbiotic Crust and Ecosystem Processes. *Crit. Rev. Plant. Science.* 18:183-225
9. Gáind S. and A.C. Gaur, 1991. Thermotolerant Phosphate Solubilizing Microorganisms and their Interaction with Mung Bean, *Plant and Soil.* 133:141-149.
10. Galeana P., 1981. Aislamiento y Selección de Microorganismos Movilizadores del Fósforo en el Suelo, Tesis. UNAM Fac. de Química.
11. García L.M., 2001. Cantidad de Bacterias y Protozoarios en Islas de Recursos de un Suelo Conservado y uno Degradado en Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Tesis Licenciatura. FES Iztacala UNAM.



12. Gaur A.C., R.S. Mathur and K.V Sadasivam, 1980. Effect of Organic Materials and Phosphate-Dissolving Culture on the Yield of Wheat and Greengram., *Indian J. Agron.* 25: 501-503
13. Golovlev E.L., 2001. Ecological Strategy of Bacteria: Specific Nature of the Problem. *Microbiology* 4:379-383.
14. Godínez-Alvarez H. and B.A. Valiente, 1997. Demografía Comparativa de la Cactácea Columnar *Neobuxbaumia tetetzo* en el Valle de Tehuacán, Puebla. In. 1er Congreso Nacional sobre Cactáceas. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México. p.31
15. Goldstein A., K. Braverman and N. Osorio, 1999. Evidence for Mutualism between a Plant Growing in a Phosphate-Limited Desert Environment and a Mineral Phosphate Solubilizing (MPS) Rhizobacterium. *FEMS Microbiology Ecology*. 30:295-300
16. González-Chávez C., R. Ferrera-Cerrato y, J.Pérez-Moreno., 1998. Biotecnología de la Micorriza Arbuscular en Fruticultura, Universidad Autónoma de Tlaxcala y Colegio de Posgraduados, p.131.
17. Hassett J. and W. Banwart, 1992. Soils and Their Environment. Prentice Hall. USA.
18. Hernández, M.M., I.D. Muñoz, G.F. López, A.A. Soler, V.O. Téllez, A.R. Montoya, y C. H. Macías, 2002. Avances de la cartografía temática de la Cuenca de Zapotitlán Salinas, Puebla. Simposio UBIPRO 2002, FES Iztacala UNAM. Laboratorios de Edafología y Recursos Naturales
19. Herrick J., 2000. Soil Quality: an Indicator of Sustainable Land Management?, *Applied Soil Ecology*, 15:75-83.
20. INEGI. 1983. Carta Geológica. Hoja Pachuca F-14-11. Esc 1:250,000 Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
21. INEGI. 1987. Carta Climática. México. Esc 1:1000,000 Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
22. Jenkinson D.S. and D.S. Powlson, 1976. Effect of Biocidal Treatments on Metabolism in Soil- V. A Method for Measuring Soil Biomass. *Soil Biology & Biochemistry*. 8:209-213.

23. Jenkinson D.S. and J.N. Ladd, 1981. Microbial Biomass in Soil: Measurement and turn over. In Soil Biochemistry. Dekker, New York. P. 415-471.
24. Johnson K., K.A Vogt, H.J. Clark O.J. Schmitz and D.J. Vogt, 1996. Biodiversity and the Productivity and Stability of Ecosystems. *TREE* 11, 9:372-377.
25. Khalafallah M.A., M.S.M. Saber and H.K. Abd-El-Maksoud, 1982. Influence of Phosphate Dissolving Bacteria on the Efficiency of Superphosphate in a Calcareous Soil Cultivated with *Vicia faba*. *Z. Pflanzenernaehr. Bodenk.* 145:455-459
26. Killham K., 1994. Soil Ecology. Cambridge University Press. Great Britain p. 242
27. Kucey R.M.N., 1987. Increased Phosphorus Uptake by Wheat and Field Beans Inoculated with a Phosphorus-Solubilizing *Penicillium bilaji* Strain and with Vesicular-Mycorrhizal Fungi., *Appl. Environ. Microbiol.* Dec. 2699-2703.
28. Kumar J., S. Surange and C. Shekhar., 1999. Occurrence of , pH and Temperature – tolerant, Phosphate – solubilizing Bacteria in Alkaline Soils, *Current Microbiology.* 39: 89-93.
29. Kuske C., L. Ticknor, M. Miller, J. Dunbar, J. Davis, S. Barns, and J. Belnap, 2002. Comparison of Soil Bacterial Communities in Rhizospheres of Three Plant Species and the Interspaces in an Arid Grassland. *Applied and Environmental Microbiology.* 68: 1854-1863.
30. MacArthur R., 1955. Fluctuations of Animal Populations and a Measure of Community Stability. *Ecology.* 36:533-536
31. Mannaerts C.M. and D. Gabriels, 2000. A Probabilistic Approach for Predicting Rainfall Soil Erosion Losses in Semiarid Areas, *Catena* 40:403-409.
32. Manual de Microbiología Práctica 1998, Instituto Politécnico Nacional. p. 205.
33. Muñoz, I.D., A.A. Soler, y M.G. García, 2002. Las Terrazas Aluviales de la Cuenca Baja de Zapotitlán, Puebla, desde una Perspectiva Geomorfo-edafológica. Simposio UBIPRO 2002, FES Iztacala UNAM. Laboratorio de Edafología.
34. Muñoz I.D., A. Mendoza, F. López-Galindo, A. Soler y M. Hernández, 2000. Manual de Prácticas de Edafología. FES Iztacala. UNAM.

35. Nahas E., 1996. Factors Determining Rock Phosphate Solubilization by Microorganisms Isolated from Soil., *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 12:567-572.
36. Neri-Gómez D., 2000. Caracterización Hidrológica de la Subcuenca Baja del Río Zapotitlán, Puebla. Tesis Licenciatura. FES Iztacala UNAM.
37. Paul E.A. and F.E. Clark, 1989. Soil Microbiology and Biochemistry, Academic Press. United States of America. p. 275.
38. Pikovskaya R.E., 1948. Mobilization of Phosphorus in Soil in Connection with Vital Activity of some Microbial Species. *Microbiologia*. 17:362-370.
39. Reyes Q.K., 1998. Estudio Microbiológico de las Rizósferas e Interrizósferas de *Neobuxbaumia tetetzo* y *Prosopis laevigata*. Tesis UNAM Unidad de Biotecnología y Proptotipos. E.N.E.P. Iztacala U.N.A.M., p. 34
40. Reynolds J., R. Virginia, P. Kemp, A. de Souza and D. Tremmel, 1999. Impact of Drought on Desert Shrubs: Effects of Seasonality and Degree of Resource Island Development. *Ecological Monographs*. 69: 69-106.
41. Rodríguez-Zaragoza S. 1999. Variación de la Comunidad de Amebas Desnudas en Respuesta a la Perturbación de un Suelo Forestal de Encino-Pino en Villa de Carbón, Estado de México. Tesis Doctoral. IPN. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas.
42. Saville J., 1999. Doews Soil Biodiversity Depend upon Metabiotic activity and Influences?, *Applied Soil Ecology*. 13:151-158.
43. SEDESOL-INE. 1993. Ordenamiento Ecológico General del Territorio Nacional, Sistema de Información, Manual de Operación. Secretaría de Desarrollo Social. México.
44. Singh J.S., A.S. Raghubanshi, R.S. Singh and S.C. Srivastava, 1989. Microbial Biomass Act as a Source of Plant Nutrients in Dry Tropical Forest and Savanna. *Nature*. 338:499-500
45. Srivastava S.C. and J.S. Singh, 1988. Carbon and Phosphorus in the Soil Biomass of some Tropical Soils of India. *Soil Biology & Biochemistry*. 20:743-747
46. Smiles, D. 1988. Aspects of the Physical Environment of Soil Organisms. *Biol. Fertil. Soils*. 9:19-24.

47. Srivastava S.C. and J.S. Singh, 1991. Microbial C, N and P in Dry Tropical Forest Soils: Effects of Alternate Land-Uses and Nutrient Flux., *Soil Biol. Biochem.* 23:2, pp.117-124
48. Sudhansu S., 1998. Interactions of an Acid Tolerant Strain of Phosphate-Solubilizing Bacteria with a few Acid Tolerant Crops., *Plant and Soil.* 198:169-177.
49. Sundara B., V. Natarajan and K. Hari, 2002. Influence of Phosphorus Solubilizing Bacteria on the Changes in Soil Available Phosphorus and Sugarcane and Sugar Yields. *Field Crops Research.* 77:43-49
50. Valiente-Banuet A., y S. Arias, 1997. Guía de Excursión Botánica al Valle de Tehuacán-Cuicatlan. 1er Congreso Nacional sobre Cactáceas. Sociedad Mexicana de Cactología. Colegio de Posgraduados, Montecillos, Edo, de México.
51. Wall D.H., A.R. Virginia, 1999. Controls in Soil Biodiversity: Insights from Extreme Environments. *Applied Soil Ecology.* 13: 137-150
52. Whittaker R.H. y G.M. Woodwell, 1972. Evolution of Natural Communities. *Ecosystem Structure and Function.* p. 137-159
53. Zar J. 1984. *Biostatistical Analysis.* 2ª Ed. Prentice Hall. New Jersey.

# APÉNDICES



## Apéndice 1 Medios de Cultivo.

### Extracto de Suelo (A-ES)

Se ponen 100 g de suelo en 1000 mL de agua destilada, se mezcla y se calienta a 70° C durante 2 hrs., se filtra y se esteriliza posteriormente.

### Medio Nutritivo.

Composición:

Caldo nutritivo deshidratado	8 g
Agar	15 g
Agua, llevar a volúmen final	1000 mL
Ajustar pH a 7.0	

### Medio Pikovskaya.

Composición:

Dextrosa	10 g
Fosfato de calcio	5 g
Sulfato de amonio	0.5 g
Cloruro de potasio	0.2 g
Sulfato de magnesio	0.1 g
Sulfato de manganeso	traza
Sulfato ferroso	traza
Extracto de levadura	0.5 g
Agar	15 g
Agua, llevar a volúmen final	1000 mL
Ajustar pH a 7.0	

### Caldo Base Rojo de Fenol.

Composición:

Extracto de carne	1 g
Proteosa peptona No 3	10 g
Cloruro de sodio	5 g
Rojo de fenol	0.018 g
Carbohidrato	1 %
Agua, llevar a volúmen final	1000 mL
Ajustar pH a 7.0	

Carbohidratos: celobiosa, arabinosa, lactosa, dextrosa, manitol, sacarosa, maltosa, galactosa, manosa, fructosa, dulcitol, sorbitol, rafinosa, mioinositol, adonitol, ramnosa y ribosa

## Apéndice 2 Materia Orgánica y Determinaciones Físicas del Suelo.

### Materia Orgánica.

1. Tamizar el suelo con malla No. 60 y pesar 0.5 g. y colocarlo en un matraz erlenmeyer.
2. Agregar 5.0 mL de solución de dicromato de potasio 1N.
3. Agregar 10.0 mL de ácido sulfúrico.
4. Agitar 1 minuto y dejar reposar durante 30 minutos más.
5. Agregar 100.0 mL de agua destilada y 5.0 mL de ácido fosfórico.
6. Agregar 3 gotas de indicador de difenilamina.
7. Titular con solución de sulfato ferroso 0.5N y vigilar el vire final hacia negro, verde muy oscuro, azul y finalmente verde esmeralda.
8. Aplicar la siguiente fórmula.

$$\text{Materia Orgánica (\%)} = \frac{5 - (\text{mL de FeSO}_4 \times N \times F.C.)}{\text{g de muestra}} \times 0.69$$

Donde : 5 = mL de dicromato de potasio agregados

N = normalidad del sulfato ferroso

F.C. = factor de corrección.

0.69 = constante

El factor de corrección se obtiene de la siguiente manera:

$$F.C. = \frac{10}{\text{mL de FeSO}_4 \text{ gastados en el blanco}}$$

Criterios

Categoría	Valor (%)
Extremadamente pobre	< 0.6
Pobre	0.6 - 1.2
Moderadamente pobre	1.3 - 1.8
Medio	1.9 - 2.4
Moderadamente rico	2.5 - 5.0
Rico	5.1 - 14.0
Extremadamente rico	> 14.

### Textura.

Se eliminó la materia orgánica con solución de peróxido de hidrógeno 10% a proporción de 15.0 mL por 50 g de suelo. También se eliminaron los carbonatos con solución de ácido clorhídrico diluido.

1. Pesar 50 g de suelo libre de materia orgánica y carbohidratos y colocarlos en un vaso con agitación mecánica.
2. Agregar 5.0 mL de solución de metasilicato de sodio (5%) y 5.0 mL de solución de oxalato de sodio (5%).
3. Llevar a volumen final con agua y agitar durante 10 minutos.
4. A la solución preparada llevarla a volumen final de 1000.0 mL con agua y agitar 1 minuto el suelo de la probeta.
5. Dejar reposar 40 segundos y tomar la primera lectura con el hidrómetro y medir la temperatura.
6. Dejar reposar 2 horas y tomar la segunda lectura de la misma forma que la primera midiendo la temperatura.
7. De acuerdo a los valores de temperatura registrados, agregar 0.2 a las lecturas por cada °C después de 20 °C o restárselos en caso contrario.
8. Realizar los cálculos con las siguientes fórmulas.

$$\% \text{ de limos} + \% \text{ de arcillas} = \frac{\text{primera lectura}}{\text{g de suelo}} \times 100$$

$$\% \text{ de arenas} = 100 - (\% \text{ de limos} + \% \text{ de arcillas})$$

$$\% \text{ de arcilla} = \frac{\text{segunda lectura}}{\text{g de suelo}} \times 100$$

$$\% \text{ de limos} = (\% \text{ de limos} + \% \text{ de arcillas}) - \% \text{ arcillas}$$

9. Con los porcentajes obtenidos se determinó la clase textural que le corresponde al suelo, de acuerdo al triángulo de texturas.

### Densidad Real .

1. Pesar un matraz de 25.0 mL. previamente calentado.
2. Llenar el matraz con agua destilada y hervida hasta el aforo.
3. Pesar el matraz con agua.
4. Desalojar la mitad del volumen del agua del matraz e introducirle 5 g de suelo.
5. Agitar el matraz durante 30 minutos y dejar reposar la solución por 15 minutos.
6. Llenar el matraz hasta el aforo con agua destilada.
7. Pesar el matraz con la solución.
8. Sustituir los resultados en la siguiente fórmula.

$$\text{Densidad real (g/cm}^3 \text{ o Mg m}^{-3}\text{)} = \frac{S}{(S+A) - (M)}$$

Donde: S = peso del suelo = 5g

A = peso del agua sin matraz

M = peso de la mezcla del suelo + agua hasta el aforo (restando el peso del matraz vacío).

Criterios

Categoría	Valor (g/cm <sup>3</sup> o Mg m <sup>-3</sup> )
Bajo	2.20 - 2.40
Medio	2.50 - 2.75
Alto	2.80 - 3.00

### Densidad Aparente.

1. Pesar la probeta vacía.
2. Agregar el suelo a la probeta hasta completar 10.0 mL y golpear ligeramente (5 veces) aplicando siempre la misma fuerza.
3. Agregar el suelo que falte hasta completar los 10.0 mL.
4. Volver a golpear ligeramente (3 veces)
5. Pesar la probeta mas el suelo y restarle el peso de la probeta vacía.
6. Sustituir los resultados en la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad aparente (g/cm}^3 \text{ o Mg m}^{-3}\text{)} = \frac{\text{Peso del suelo}}{\text{Volumen}}$$

Criterios	Valor (g/cm <sup>3</sup> o Mg m <sup>3</sup> )
Categoría	
Bajo	0.7 - 0.9
Medio	1.0 - 1.2
Alto	1.3 - 1.4

### Porosidad.

Una vez obtenidos los valores de densidad aparente y densidad real se puede calcular la porosidad, que se expresa en porcentaje y se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Porosidad (\%)} = \left( 1 - \frac{\text{Densidad aparente}}{\text{Densidad real}} \right) \times 100$$

Criterios	Valor (%)
Categoría	
Muy bajo	<15
Bajo	15 - 30
Medio	31 - 50
Alto	51 - 70
Muy alto	>70

### Capacidad de Campo.

1. Pesar 100 g de suelo previamente seco y tamizado con malla No. 10.
2. Colocar papel absorbente en la base del contenedor y agregar agua destilada para humedecerlo.
3. Pesar el contenedor con el papel húmedo.
4. Agregar el suelo, humedecerlo a saturación y dejarlo drenar 24 horas (suelo a capacidad de campo).
5. Pesar nuevamente el contenedor con el suelo.
6. Colocar la muestra en la estufa a 105 °C durante 6 horas.
7. Ya enfriada la muestra pesar de nuevo el contenedor con el suelo.
8. Repetir los dos pasos anteriores a las 12 y 24 horas hasta peso constante.
9. Restar el peso de la lata para determinar el peso del suelo seco.
10. Aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{Humedad a capacidad de campo (\%)} = \frac{\text{Phum} - \text{Psec}}{\text{Psec}} \times 100$$

Donde: Phum = peso del suelo húmedo

Psec = peso del suelo seco en la estufa.

### Porcentaje de Humedad y Grado de Compactación

El porcentaje de humedad se obtuvo de la siguiente manera.

10 g de suelo transportado en bolsas herméticas fue secado a 105 °C durante 24 - 48 horas y posteriormente fue pesado nuevamente para obtener la humedad presente en el suelo.

Por otro lado el grado de compactación fue determinado en la zona de muestreo usando el penetrómetro aplicado en terrones.

## Apéndice 3 Pruebas Estadísticas

Prueba estadística para 2 muestras independientes (prueba de t)  
% arenas general Zona conservada vs Zona degradada

Datos reales		Z C				Z E			
		47.92	41.92	45.92	41.92	39.92	39.92	47.92	49.92
		61.92	59.92	53.88		25.92	49.92	57.92	
		57.92	41.92	51.92		47.92	39.92	45.92	
Promedio		50.916				44.52			
Desv. std 2		57.0848				74.7111			
N =		10				10			

S<sub>2p</sub> = 65.89786  
t<sub>0</sub> = 1.781805  
t 0.05,18 = 2.101

H<sub>0</sub> = M1 = M2

No se rechaza H<sub>0</sub> porque t<sub>0</sub> no es mayor + ó - que t 0.05,18

Prueba estadística para 2 muestras independientes (prueba de t)  
% limos general Zona conservada vs Zona degradada

Datos reales		Z C				Z E			
		28	28	26.04	30	38	40	34.04	30
		24.04	18.08	26.04		34	34.04	26.04	
		26.04	26.04	26.04		32.4	36	34.04	
Promedio		28.62				33.896			
Desv. std 2		6.915				19.39212			
N =		10				10			

S<sub>2p</sub> = 11.109906  
t<sub>0</sub> = -5.52539  
t 0.05,18 = 2.101

H<sub>0</sub> = M1 = M2

Si se rechaza H<sub>0</sub> porque t<sub>0</sub> es mayor + ó - que t 0.05,18

Prueba estadística para 2 muestras independientes (prueba de t)  
% arcillas general Zona conservada vs Zona degradada

Datos reales		Z C				Z E			
		24.08	30.08	24.04	28.08	22.08	20.08	18.08	20.08
		14.04	18.08	22.08		40.08	16.04	26.04	
		20.08	32.04	22.04		20.04	24.08	20.04	
Promedio		23.484				21.884			
Desv. std 2		30.28132				47.95065			
N =		10				10			

S<sub>2p</sub> = 39.11598  
t<sub>0</sub> = 0.843547  
t 0.05,18 = 2.101

H<sub>0</sub> = M1 = M2

No se rechaza H<sub>0</sub> porque t<sub>0</sub> no es mayor + ó - que t 0.05,18

Prueba estadística para 2 muestras independientes (prueba de t)  
Dens. Real general Zona conservada vs Zona degradada

Datos reales		Z C				Z E			
		2.6983	1.9841	2.1035	2.1505	2.2779	2.2026	2.3888	2.4558
		2.0235	2.1422	2.0227		2.5214	2.3116	2.1692	
		2.1834	1.9992	2.0121		2.2769	2.3832	2.1786	
Promedio		2.13195				2.31661			
Desv. std 2		0.044689				0.014205			
N =		10				10			

S<sub>2p</sub> = 0.029447  
t<sub>0</sub> = -2.40622  
t 0.05,18 = 2.101

H<sub>0</sub> = M1 = M2

Si se rechaza H<sub>0</sub> porque t<sub>0</sub> es mayor + ó - que t 0.05,18

Prueba estadística para 2 muestras independientes (prueba de t)  
Dens. Aparente general Zona conservada vs Zona degradada

Datos reales		Z C				Z E			
		0.8802	0.973	0.8649	0.8962	1.3483	1.1953	1.3513	1.3184
		0.9605	0.7999	1.034		1.2013	1.1908	1.1815	
		0.9683	0.8624	0.9494		1.244	1.3919	1.0927	
Promedio		0.91888				1.26216			
Desv. std 2		0.00484				0.009151			
N =		10				10			

S<sub>2p</sub> = 0.006995  
t<sub>0</sub> = -8.90998  
t 0.05,18 = 2.101

H<sub>0</sub> = M1 = M2

Si se rechaza H<sub>0</sub> porque t<sub>0</sub> es mayor + ó - que t 0.05,18

Prueba estadística para 2 muestras independientes (prueba de t)  
Porosidad general Zona conservada vs Zona degradada

Datos reales		Z C				Z E			
		57.3798	50.9608	58.8827	58.3267	40.8096	45.7334	43.4345	46.3148
		52.5321	62.6607	48.87904		52.3565	46.2264	45.5328	
		55.6519	56.8628	52.8148		45.3635	41.5959	49.8451	
Promedio		56.49613				46.92126			
Desv. std 2		31.58619				12.64405			
N =		10				10			

S<sub>2p</sub> = 22.11512  
t<sub>0</sub> = 5.027764  
t 0.05,18 = 2.101

H<sub>0</sub> = M1 = M2

Si se rechaza H<sub>0</sub> porque t<sub>0</sub> es mayor + ó - que t 0.05,18

Prueba estadística para 2 muestras independientes (prueba de t)  
 Capacidad de campo general Zona conservada vs Zona degradada  
 Datos reales

	ZC				Z E				
	54.936	62.25	74.661	54.947	33.574	37.5	35.897	34.963	
	64.742	82.946	60.625		38.743	47.253	45.284		
Promedio		72.21	66.596		42.871	33.333	50.364		38.9782
Desv.std2									38.88394
N =									10

S2p = 52.35133  
 to = 8.158724  
 t 0.05,18 2.101

Ho = M1=M2  
 Si se rechaza Ho porque to es mayor + ó - que t 0.05,18

Prueba estadística para 2 muestras independientes (prueba de t)  
 compactación general Zona conservada vs Zona degradada  
 Datos reales

	ZC				Z E				
	0.95	1	0.95	1.45	2.1687	2.45	2.125	1.9	
	0.65	1.0417	1.2083		2.95	1.6	1.1667		
Promedio		1.2	1.0417		1.6	2.25	1.55		1.97584
Desv.std2									0.270218
N =									10

S2p = 0.165998  
 to = -4.92096  
 t 0.05,18 2.101

Ho = M1=M2  
 Si se rechaza Ho porque to es mayor + ó - que t 0.05,18

Prueba estadística para 2 muestras independientes (prueba de t)  
 % humedad general Zona conservada vs Zona degradada  
 Datos reales

	ZC				Z E				
	17.57	19.6	23.8	17.23	11.11	12.52	13.39	4.22	
	19.43	19.62	20.34	2.28	14.35	11.56	11.31	1.58	
	17.1	29.82	21.1	12.57	12.2	8.31	18.46	4.75	
	2.43	0.99	1.92		0.52	0.36	1.67		
	1.12	1.42	1.64		1.03	0.77	1.07		
	1.9	2.05	1.75		0.82	3.19	1.12		
	7.85	9.68	11.25		3.29	6.11	4.38		
	10.36	14.21	12.18		5.93	6.96	6.43		
	16.23	13.79	9.13		7.26		4.98		
Promedio					11.34533				6.184628
Desv.std2					67.75017				25.12398
N =					30				29

S2p = 46.81099  
 to = 2.890744  
 t 0.05,57 2.002

Ho = M1=M2  
 Si se rechaza Ho porque to es mayor + ó - que t 0.05,18

Prueba estadística ANOVA K muestras independientes  
 % de humedad unidad Zona Degradada

Datos reales	PE	EN	RE	SDE	
	11.11	12.52	13.39	4.22	
	14.35	11.56	11.31	1.58	
	12.2	8.31	18.46	4.75	
	0.52	0.36	1.67		
	1.03	0.77	1.07		
	0.82	3.19	1.12		
	3.29	6.11	4.38		
	5.93	6.96	6.43		
	7.26		4.98		
Totales	56.51	49.78	62.81	10.55	
Promedio	6.278889	6.2225	6.976889	3.516667	
Total gen.	179.65				

Grados de libertad  
 g.l total= 28  
 g.l trat.= 3  
 g.l error= 25

Cuadros	PE	EN	RE	SDE	
	123.4321	156.7504	179.2921	17.8064	
	205.9225	133.6336	127.9161	2.4964	
	148.84	69.0561	340.7716	22.5625	
	0.2704	0.1296	2.7889		
	1.0609	0.5929	1.1449		
	0.6724	10.1761	1.2544		
	10.6241	37.3321	19.1844		
	35.1649	48.4416	41.3449		
	52.7076		24.8004		
Totales	3193.38	2478.048	3945.096	111.3025	
Total gen.	32274.12				
Cuad.Tot.	1528.482				

SC total 415.581  
 SC trat 27.12013  
 SC error 388.4609  
 CM trat 9.040043  
 CM error 15.53844  
 Fo 0.581786  
 F.05,3,25 2.99

Ho Kn=K1.K2

Como Fo No es mayor que F tablas No se rechaza Ho

VI

Prueba estadística No Paramétrica de Mann-Whitney para comparar 2 muestras con aprox normal  
 Nitrogeno general Zona conservada vs Zona degradada ppm n1 y n2 mayores a 20

nitrogeno	Z C			Z E			
1.00	5	1.00	5	1.00	30	5	5
1.00	5	1.00	5	1.00	10	5	5
1.00	5	1.00	5	1.00	10	5	5
1.00	5	1.00	5	1.00	10	5	5
1.00	5	1.00	5	1.00	10	5	5
1.00	5	1.00	5	1.00	10	5	5
1.00	5	1.00	5	1.00	10	5	5
1.00	5	1.00	5	1.00	10	5	5
1.00	5	1.00	5	1.00	10	5	5
1.00	5	1.00	5	1.00	10	5	5

Promedio 8.53278 16.51282

Rangos de tabla de datos	No datos	dato real	rango
	3	5	19.5
	2	10	49.5
	4	10	59.5
	3	30	69.5
	7	75	89.5
suma	19		

Tabla de rangos	Z C			Z E			
19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	89.5	19.5	19.5
49.5	49.5	49.5	49.5	19.5	49.5	19.5	19.5
49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	19.5	49.5
49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	19.5	49.5
49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5
49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5
49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5
49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5
49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5
49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5

N = 32      1123      N = 39      1430

U =  $n_1 n_2 + (n_1(n_1 + 1) / 2) - R_1$       u =  $n_1 n_2 / 2$   
 U = 863      u = 824

Z =  $(U - u) / \sqrt{u}$       Z =  $(R_2 - n_1 n_2 (N + 1) / 12) / \sqrt{u}$   
 Z = 0.329363      Z = 0.329363

H0 ZC = ZE      No se rechaza H0

Prueba estadística No Paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar K muestras independientes  
 Nitrato unidad zona degradada ppm

Datos reales	PE	EN	RE	SDE	Rangos de tabla de datos
					No datos    dato real    rango
30	5	5	5	5	21    5    11
10	5	5	5	10	11    10    27
10	5	10	30	5	3    30    34
30	5	5	75	5	4    75    37.5
75	5	5	5	5	
10	5	5	5	5	
75	10	10	10	10	
75	10	10	10	10	
5	5	5	5	5	
5	10	5	5	5	
10	5	5	5	5	
5	5	5	5	5	
suma					39

Promedio 28.33333    6.25    6.363636    30

Tabla de rangos	PE	EN	RE	SDE
	34	11	11	11
	27	11	11	27
	27	11	27	34
	34	11	11	37.5
	37.5	11	11	
	27	11	11	
	37.5	27	27	
	37.5	27	27	
	11	11	11	
	11	27	11	
	27	11	11	
	11	11	11	

Suma de rangos      321.5      180      169      109.5  
 Cuadrado de suma    103362.3      32400      28561      11990.25  
 No de datos columna    12      12      11      4

A      B      C  
 0.007692    16907.54    120  
 H\*      X^2 .05,3  
 10.05798      7.82

H0 Kn=K1,K2      Si se rechaza H0

VII

Prueba estadística No Paramétrica de Mann-Whitney para comparar 2 muestras con aprox. norma Fósforo general Zona conservada vs Zona degradada ppm n1 y n2 mayores a 20

Fósforo	ZC					Z E				
75	100	100	100	100	10	75	100	400		
75	75	75	150	150	75	75	200	75		
150	75	10	75	75	10	10	10	25		
10	10	10	25	10	10	10	150	100		
100	200	25	25	25	10	10	25			
100	10	75	75	75	25	75	100			
25	75	200	10	10	150	150	150			
150	100	25	10	10	10	25	10			
75	75	25	25	25	25	25	25			
150	10	25	25	25	25	25	25			
100	10	100	100	100	100	100	200			
75	75	200	10	10	150	75	100			
100	10	100	10	10	10	10	25			
100	10	150	25	25	25	10	10			
75	10	150	25	25	25	10	25			
75	10	150	25	25	25	10	25			
<b>Promedio</b>			<b>78.57143</b>					<b>61.63265</b>		

Rangos de tabla de datos		No datos	dato real	rango			No datos	dato real	rango
		27	10	13.88					
		18	25	36.44					
		20	75	35					
		18	100	33.5					
		11	150	87					
		5	200	95					
		1	400	98					
<b>suma</b>		<b>98</b>							

Tabla de rangos						Z E			
ZC	13.88	73.5	73.5	73.5	13.88	55.5	73.5	88	
	55.5	55.5	55.5	87	55.5	55.5	95	55.5	
	87	73.5	13.88	55.5	13.88	13.88	13.88	36.44	
	13.88	13.88	13.88	36.44	13.88	13.88	13.88	87	
	73.5	19.5	13.88	36.44	13.88	13.88	36.44	73.5	
	73.5	13.88	55.5	36.44	36.44	55.5	73.5		
	36.44	55.5	36.44	36.44	13.88	36.44	87		
	75	73.5	36.44	73.5	13.88	36.44	13.88		
	55.5	55.5	55.5	13.88	36.44	36.44	36.44		
	87	13.88	36.44	36.44	36.44	36.44	36.44		
	73.5	13.88	36.44	73.5	73.5	73.5	95		
	55.5	55.5	95	87	55.5	55.5	73.5		
	73.5	13.88	73.5	13.88	13.88	13.88	36.44		
	73.5	13.88	55.5	36.44	13.88	13.88	13.88		
	55.5	13.88	87	36.44	13.88	13.88	36.44		
		<b>N=49</b>	<b>2671.88</b>		<b>N=49</b>	<b>2181.18</b>			

U =	$n1n2 + (n1(n1+1)/n) - R1$	$\mu_u =$	$n1n2/2$
U =	954.12	$\mu_u =$	1200.5
		$\sigma_u =$	$\sqrt{n1n2(N+1)/12}$
		$\sigma_u =$	140.7418
Z =	$(U - \mu_u) / \sigma_u$	10.2.2.infi	1.96
Z =	1.747029	Z =	1.747029

Ho ZC=ZE No se rechaza Ho  
Prueba estadística No Paramétrica de Mann-Whitney para comparar 2 muestras con aprox. norma Potasio general Zona conservada vs Zona degradada ppm n1 y n2 mayores a 20

Potasio	ZC					Z E				
200	200	175	130	400	250	500	200			
200	200	200	75	200	200	200	50			
150	150	200	150	400	225	200	300			
200	150	110	110	250	175	110	200			
175	200	120	200	175	200	175	75			
200	200	200	500	500	150	400				
200	200	200	400	150	150	200				
175	200	200	400	110	110	400				
175	200	110	225	110	150	150				
200	150	120	400	110	210	200				
200	150	200	200	50	150	150				
200	200	200	200	200	200	200				
200	200	200	200	200	200	200				
200	175	110	200	200	200	200				
200	200	200	200	200	225	150				
<b>Promedio</b>			<b>178.2</b>				<b>227.8</b>			

Rangos de tabla de datos		No datos	dato real	rango			No datos	dato real	rango
		8	175	29.5			6	400	94.5
		1	200	59			3	500	99
		1	210	85					
		2	225	87					
		1	250	89.5			<b>suma</b>		<b>100</b>
		1	300	91					

Tabla de rangos						Z E			
ZC	59	59	29.5	14	84.5	89.5	89	59	
	59	59	59	2.5	59	59	59	1	
	20	20	59	20	84.5	87	59	91	
	59	20	7.5	85	29.5	29.5	7.5	59	
	29.5	59	12.5	59	29.5	59	29.5	2.5	
	59	59	59	99	59	20	84.5		
	59	59	59	59	59	20	59		
	29.5	59	59	94.5	7.5	94.5	20		
	29.5	59	7.5	87	7.5	7.5	20		
	59	20	12.5	84.5	7.5	7.5	85		
	59	59	59	59	59	99	20		
	59	59	59	59	59	59	20		
	59	59	59	59	59	59	59		
	59	29.5	7.5	59	59	59	59		
	59	59	59	59	87	87	20		
		<b>N=50</b>	<b>2267</b>		<b>N=50</b>	<b>2843</b>			

U =	$n1n2 - (n1(n1+1)/n) - R1$	$\mu_u =$	$n1n2/2$
U =	1568	$\mu_u =$	1250
		$\sigma_u =$	$\sqrt{n1n2(N+1)/12}$
		$\sigma_u =$	145.0575
Z =	$(U - \mu_u) / \sigma_u$	10.2.2.infi	1.96
Z =	2.188788	Z =	2.188788

Ho ZC=ZE Se rechaza Ho

VIII

Prueba estadística No Paramétrica de Mann-Whitney para comparar 2 muestras con aprox. norma  
 Calcio general Zona conservada vs Zona degradada ppm n1 y n2 mayores a 20

Calcio	ZC	7000	7000	7000	7000	Z E	5000	5000	5000	5000	5000
		7000	7000	7000	750		7000	5000	5000	5000	5000
		5000	7000	7000	5000		7000	5000	5000	5000	7000
		8500	7000	7000	7000		7000	3500	7000	7000	7000
		5000	5000	3500	3500		3500	3500	3500	3500	7000
		7000	7000	7000			5000	5000	7000	7000	
		7000	5000	7000			7000	5000	5000	5000	
		5000	5000	5000			7000	3500	5000	5000	
		1750	7000	7000			7000	5000	5000	5000	
		1750	5000	7000			5000	5000	3500	7000	
		7000	7000	7000			5000	5000	7000	7000	
		7000	7000	7000			5000	7000	5000	5000	
		7000	5000	5000			5000	7000	5000	5000	
		7000	7000	3500			3500	3500	5000	5000	
		5000	3500	3500			5000	3500	3500	3500	
Promed.					5885						5260

Rangos de tabla de datos	No datos	dato real	rango
	1	750	1
	2	1750	2.5
	15	3500	11
	38	5000	37.5
	43	7000	78
		8500	100
suma	100		

Tabla de rangos	ZC	78	78	78	78	Z E	37.5	37.5	37.5	37.5
		78	78	78	1		78	37.5	37.5	37.5
		37.5	78	78	37.5		78	37.5	37.5	78
		100	78	78	78		78	11	78	78
		37.5	37.5	11	11		11	11	11	78
		78	78	78			37.5	37.5	78	
		78	37.5	78			78	37.5	37.5	
		37.5	37.5	37.5			78	37.5	37.5	
		2.5	78	78			78	37.5	37.5	
		78	78	78			37.5	37.5	11	
		78	78	78			37.5	37.5	78	
		78	78	78			78	78	37.5	
		78	37.5	37.5			37.5	78	37.5	
		78	78	11			11	11	37.5	
		37.5	11	11			37.5	11	11	
		N=50		2873			N=50		2177	

U =  $n1n2 + (n1(n1+1))/n - R1$        $\mu_u = n1n2/2$   
 U = 902       $\mu_u = 1250$   
 $\sigma_u = \text{raiz } n1n2(N+1)/12$   
 $\sigma_u = 145.0578$   
 Z =  $(U - \mu_u) / \sigma_u$        $Z = 10.22$        $Z = 1.96$   
 Z = 2.395602       $Z = 2.395602$   
 Ho ZC = ZE      Si se rechaza Ho

Tabla de contingencia 2 x 4 Escala nominal Prueba de X<sup>2</sup> (prueba de independencia)  
 Magnesio Zona conservada vs Zona Deteriorada general

Datos reales	muy bajo	bajo	medio	alto	total reng
f.c.	3.094737	20.11579	16.50526	9.284211	49
f.e.	1	10	20	15	46
f.c - f.e	2.905263	18.88421	15.49424	8.715789	
total colu	6	39	32	18	95

X<sup>2</sup> = 21.86013      g.l 3  
 x<sup>2</sup>0.05,3 = 7.815

Ho = la concentración de magnesio son independientes del tipo de suelo  
 Ha = la concentración de magnesio depende del tipo de suelo  
 Como X<sup>2</sup> es mayor que en tablas Si se rechaza Ho

Tabla de contingencia 4 x 4 Escala nominal Prueba de X<sup>2</sup> (prueba de independencia)  
 Magnesio unidad zona conservada

Datos reales	muy bajo	bajo	medio	alto	total reng
P.C	1.530612	8.877551	1.22449	0.061224	15
N.C	2	2	3	0	14
f.c	1.428571	8.285714	3.428571	0.857143	15
R.C	0	10	4	1	15
f.e	1.530612	8.877551	3.673469	0.918387	5
S.D.C	1	3	0	1	5
f.c - f.e	0.510204	2.959184	1.22449	0.306122	
total colu	5	29	12	3	49

X<sup>2</sup> = 32.78447      g.l 9  
 x<sup>2</sup>0.05,9 = 16.919

Ho = la concentración de magnesio son independientes del tipo de suelo  
 Ha = la concentración de magnesio depende del tipo de suelo  
 Como X<sup>2</sup> es mayor que en tablas Si se rechaza Ho

Tabla de contingencia 4 x 4 Escala nominal Prueba de X<sup>2</sup> (prueba de independencia)  
 Magnesio unidad zona degradada

Datos reales	muy bajo	bajo	medio	alto	total reng
P.E	0.282609	2.826087	2.608696	1.630435	13
N.E	0	5	4	6	15
f.e	0.326087	3.26087	6.521739	4.891304	15
R.E	0	2	9	3	14
f.c	0.304348	3.043478	6.086957	4.565217	14
S.D.E	0	2	1	1	4
f.e - f.c	0.086957	0.869565	1.73913	1.304348	
total colu	1	10	20	15	46

X<sup>2</sup> = 21.38799      g.l 9  
 x<sup>2</sup>0.05,9 = 16.919

Ho = la concentración de magnesio son independientes del tipo de suelo  
 Ha = la concentración de magnesio depende del tipo de suelo  
 Como X<sup>2</sup> es mayor que en tablas Si se rechaza Ho



## IX

Tabla de contingencia 2 x 3 Escala nominal Prueba de  $\chi^2$  (prueba de independencia)  
 Amonio Zona conservada vs Zona Deteriorada general

Datos reales		muy bajo	bajo	medio	alto	total reng		
ZC		36	13	0		49	0.1	2
f.e.		35	12	2		49		
Z E		34	11	4		49		
f.e.		35	12	2		49		
total colu		70	24	4		98		

$$\chi^2 = 4.22381$$

$$\chi^2_{0.05,2} = 5.991$$

$H_0$  = la concentración de Amonio son independientes del tipo de suelo  
 $H_a$  = la concentración de Amonio depende del tipo de suelo  
 Como  $\chi^2$  no es mayor que en tablas No se rechaza  $H_0$

Tabla de contingencia 3 x 4 Escala nominal Prueba de  $\chi^2$  (prueba de independencia)  
 Amonio unidad Zona degradada

Datos reales		muy bajo	bajo	medio	alto	total reng		
PE		10	4	1		15	0.1	6
f.e.		10.40816	3.367347	0.081633		15		
EN		12	3	0		15		
f.e.		10.40816	3.367347	1.22449		15		
RE		9	4	2		15		
f.e.		10.40816	3.367347	1.22449		15		
SDE		3	0	1		4		
f.e.		2.77551	0.897959	0.326531		4		
total colu		34	11	4		49		

$$\chi^2 = 16.0802$$

$$\chi^2_{0.05,6} = 12.592$$

$H_0$  = la concentración de amonio son independientes del tipo de suelo  
 $H_a$  = la concentración de amonio depende del tipo de suelo  
 Como  $\chi^2$  es mayor que en tablas Si se rechaza  $H_0$

Prueba estadística para 2 muestras independientes (prueba de t)  
 Materia orgánica general Zona conservada vs Zona degradada

Datos reales	ZC				Z E				
	5.75	5.75	5.942	3.45	1.725	2.3	2.875	1.342	
Promedio	5.942	5.175	2.492	2.109	1.342	0.802	3.067	2.875	
Desv. std 2	3.81	0.201	4.012	3.009	0.802	0.802	1.404	0.602	
	2.208	5.215	3.209	3.008	0.401	0.201	3.209	0.201	
	6.419	3.209	6.017	7.622	1.404	1.605	2.407	0.602	
Promedio			4.21735					1.4144	
Desv. std 2			3.482712					0.968792	
N =			20					20	

$$S_2 p = 2.215752$$

$$t_0 = 5.776179$$

$$t_{0.05,38} = 2.024$$

$H_0 = M_1 = M_2$   
 Si se rechaza  $H_0$  porque  $t_0$  Si es mayor +  $\hat{\delta}$  - que  $t_{0.05,38}$

Prueba estadística ANOVA K muestras independientes  
 Materia orgánica unidad Zona Degradada

Datos reales	PE	EN	RE	SDE
	1.725	2.3	2.875	1.342
	1.342	0.802	3.067	2.875
	0.802	0.802	1.404	0.602
	0.401	0.201	3.209	0.201
	1.404	1.605	2.407	0.602
Totales	5.674	5.71	12.962	5.622
Promedio	1.1348	1.142	2.5924	1.1244
Total gen.	29.968			

Grados de libertad  
 g.l total = 19  
 g.l trat = 3  
 g.l error = 16

Cuadrados	PC	NC	RC	SDC
	2.975625	5.29	8.265625	1.800964
	1.800964	0.643204	9.406489	8.265625
	0.643204	0.643204	1.971216	0.362404
	0.160801	0.040401	10.29768	0.040401
	1.971216	2.576025	5.793649	0.362404
Totales	32.19428	32.6041	168.0134	31.60688
Total gen.	898.081			
Cuad.Tot.	63.3111			

SC total 18.40705  
 SC trat 7.97969  
 SC error 10.42736

CM trat 2.659897  
 CM error 0.65171

Fo 4.081411  
 F.05,3,16 3.24

$H_0 K_n = K_1, K_2$

Como Fo si es mayor que F tablas Si se rechaza  $H_0$

Prueba estadística para 2 muestras independientes (prueba de t)  
Bacterias Totales Nutritivo general Zona conservada vs Zona degradada

Datos reales		ZC	ZE
7.074631	7.335792	6.834633	7.122379
6.937126	7.036043	7.183211	6.945428
7.022335	7.177161	7.169974	7.273735
7.601777	7.197776	7.693472	6.917399
7.500602	7.580009	7.59841	7.086368
7.839897	7.588581	7.60085	
7.456009	7.585332	7.693658	
7.528504	7.460462	7.6148	
7.220902	7.811181	7.638902	
7.507585	7.403752	7.192408	
7.416574	7.422732	7.445715	
7.742063	7.497984	7.35605	
7.065197	7.429872	7.864745	
7.375973	6.620851	7.710825	
7.329486	7.445323		7.195179
Promedio		7.371153	
Desv.std2		0.08023	
N=		49	

S2p = 0.166206  
to = 3.357938  
t0.05,95 = 1.9855

Ho = M1=M2

Si se rechaza Ho porque to Sies mayor + ó - que t0.05,18

Prueba estadística ANOVA K muestras independientes  
Bacterias Totales Nutritivo unidad Zona Degradada

Datos reales	Grados de libertad			
	PE	EN	RE	SDE
6.939993	6.801632	7.074781	6.603583	47
6.805507	7.182432	7.439333	6.110924	3
7.044451	7.270998	6.918636	5.532367	44
7.327275	6.784142	7.560013	5.830825	
6.909223	7.289176	7.216072	6.554605	
7.373878	7.151193	7.401539		
6.88392	7.612378	7.200367		
7.147644	7.55378	7.789473		
7.152836	6.550938	7.609364		
7.244513	8.128671	7.493692		
6.825108	6.890225	7.341645		
6.397151	6.884261	7.095085		
6.954459	7.238548	7.228916		
6.773442	6.597166	7.557546		
7.195179				
Totales	106.9745	99.93754	102.9285	30.63228
Promedio	7.131634	7.138396	7.35189	6.126487
Total gen.	349.4705			

Cuadrados	Grados de libertad			
	PE	EN	RE	SDE
46.16263	46.2622	50.05253	43.60704	
46.31493	51.58733	55.34368	37.34339	
49.62429	52.86741	47.86752	30.60708	
53.88896	46.02458	57.1538	33.99852	
47.73738	53.13209	52.07117	42.96285	
54.37408	51.13956	54.78278		
47.38835	57.9483	51.84528		
51.08881	57.08374	60.67589		
51.16306	42.91479	57.90242		
52.48297	66.07529	56.15542		
46.58221	47.48071	53.89975		
70.51214	47.39505	50.34023		
48.36645	52.38658	52.25723		
45.87952	43.5226	57.1166		
51.7706				
Totales	1144.35	9987.512	10593.86	938.3368
Total gen.	115920.4			
Cuad.Tot.	2428.946			

SC total = 11.93852  
SC trat = 5.660605  
SC error = 6.277917

CM trat = 1.866868  
CM error = 0.14268

Fo = 13.22448  
Fes.3.44 = 2.81

Ho Kn=K1,K2

Como Fo Sies mayor que F tablas Si se rechaza Ho

Prueba estadística para 2 muestras independientes (prueba de t)  
 Bacterias Totales Pikovskaya general Zona conservada vs Zona degradada

Datos reales

ZC	ZE
7.229109	6.978124
6.9917	6.799005
7.617624	6.909927
7.449735	6.13521
7.818115	7.834717
7.353871	5.850238
7.359038	5.301272
7.119536	5.896995
7.487235	5.521737
7.513814	
7.706794	
6.263819	
7.399024	
7.139381	
7.479094	
	7.140643
	7.191608
	7.274092
	7.134562
	7.385526
	6.396737
	7.020635
	7.784878
	7.410339
	7.797716
	7.490291
	6.746708
	7.178861
Promedio	7.389602
Desv. std2	0.120521
N	48

S2p = 0.229735  
 to = 3.351247  
 t 0.05,91 = 1.9865

Ho = M1 = M2

Si se rechaza Ho porque to Sies mayor + ó - que t 0.05,18

Prueba estadística ANOVA K muestras independientes  
 Bacterias Totales Pikovskaya unidad Zona Degradada

Datos reales

PE	EN	RE	SDE	
6.978124	6.799005	6.909927	6.13521	
7.140643	7.108468	7.834717	5.850238	
7.191608	7.386954	7.605204	5.301272	
7.274092	6.769521	7.527604	5.896995	
7.134562	7.340327	7.20991	5.521737	
7.385526	7.389076	7.072822		
6.396737	7.312627	7.719682		
7.020635	6.252015	7.552267		
7.784878	7.143051	7.577132		
7.410339	6.982229	7.574317		
7.797716	6.844671	7.209557		
7.490291	6.982292	7.352806		
6.746708	6.89652	7.573635		
7.178861				
Totales	100.9107	91.19786	96.71958	28.70545
Promedio	7.207909	7.01522	7.439968	5.74109
Total gen.	317.5338			

Grados de libertad  
 g.l total = 44  
 g.l trat = 3  
 g.l error = 41

Cuadrados

PE	EN	RE	SDE	
48.69421	46.10478	47.74709	37.6408	
50.98878	50.53032	61.38279	34.22528	
51.71923	54.56709	57.83913	28.10348	
52.91241	45.82641	56.66482	34.77455	
50.90197	53.8804	51.9828	30.48958	
54.25097	54.59844	50.02481		
40.91824	53.47451	59.59349		
49.28932	39.08769	57.03674		
60.60433	51.02318	57.41293		
54.91312	48.75237	57.37028		
60.80437	46.84952	51.97771		
56.10446	48.7524	54.06376		
45.51807	47.56199	57.35995		
51.53605				
Totales	10182.97	8317.05	9354.677	824.003
Total gen.	100827.6			
Cuad.Tot.	2255.855			

SC total = 15.24141  
 SC trat = 10.90622  
 SC error = 4.335182

CM trat = 3.635408  
 CM error = 0.105738

Fo = 34.38188  
 F.05,3,41 = 2.84

Ho Kn=K1,K2  
 Como Fo Sies mayor que F tablas Si se rechaza Ho

XII

Prueba estadística para 2 muestras independientes (prueba de t)  
Bacterias Solubilizadoras general Zona conservada vs Zona degradada

Datos reales	ZC				ZE			
	6.11092	5.71127	5.77008	5.92082	5.86465	5.63855	5.77998	5.26144
	5.94857	5.35326	5.66596	5.32391	5.50059	5.99255	5.4428	5.3184
	5.57928	5.17667	5.84629	5.31745	5.57356	5.61513	5.45778	4.5298
	6.2009	6.03029	6.39931	5.57131	5.90002	5.65198	6.1004	
	5.67653	6.90887	5.87803	6.58122	5.85355	5.28414	6.12561	
Promedio								
Desv. std2	3.148847				3.148847			
N=	20				20			

S2p = 0.168545  
to = 1.909697  
t 0.05,36 2.028

Ho = M1 = M2

No se rechaza Ho porque to No es mayor + ó - que t 0.05,36

Prueba estadística para 2 muestras independientes (prueba de t)  
Bacterias Relación r / k Nutritivo general Zona conservada vs Zona degradada

Datos reales	ZC				ZE			
	1.252749	1.230755	1.088072	1.131134	1.174148	1.209969	1.064932	1.174771
	1.150748	1.142486	1.181846	0.966696	1.033368	0.974993	0.989764	0.892952
	1.127665	1.165449	1.07066	1.088534	1.213451	1.207971	1.071001	1.170139
	1.029494	1.157241	1.18649	0.975349	1.172349	1.223939	1.083961	1.372266
	1.087426	1.196599	1.085367	1.102484	1.052906	1.092211	1.113064	1.185433
	1.039756	1.181932	1.110997		1.039557	1.074668	1.169368	
	1.1448	1.052976	1.159241		1.104233	1.023899	1.070061	
	1.073334	1.134922	1.105894		1.1563	1.116801	1.112496	
	1.075962	1.162771	1.121282		1.070451	1.103705	1.103865	
	1.082251	1.1101643	1.079848		1.022401	1.062729	1.116235	
	1.148942	1.113335	1.037002		1.044842	1.055304	1.092628	
	1.118219	1.041036	1.026248		1.10532	1.103068	1.164796	
	1.230097	1.020184	0.908332		1.031595	1.177501	1.09137	
	1.106738	1.08061	1.063849		1.223059	1.10015		
	1.029998	1.181036			1.04066			
Promedio	1.106112				1.10755			
Desv. std2	0.004812				0.00549			
N=	49				47			

S2p = 0.005633  
to = -0.18123  
t 0.05,95 1.9855

Ho = M1 = M2

No se rechaza Ho porque to No es mayor + ó - que t 0.05,18

Prueba estadística para 2 muestras independientes (prueba de t)  
Bacterias relación r / k Pikovskaya general Zona conservada vs Zona degradada

Datos reales	ZC				ZE			
	1.0707	1.07397	1.024217	1.126908	1.031895	1.127897	1.098269	1.064602
	1.120931	1.099402	1.206828	1.05997	1.068491	0.971742	0.937542	0.935409
	1.040033	1.12853	1.0922	1.136577	1.016176	1.134121	1.139759	1.077569
	1.042874	1.029364	1.178358	1.082924	1.069933	1.107717	1.069087	1.096894
	1.307112	1.011334	1.040566	1.069187	1.050937	1.060507	1.042582	1.016777
	1.327816	1.188741	1.072698		1.00647	1.219875	1.043595	
	1.049402	1.124483	1.068934		1.106626	1.141369	1.002634	
	1.030011	1.168838	1.042956		1.024608	1.061946	1.046212	
	1.050561	1.147175	1.070683		0.99374	0.965107	1.088664	
	1.231354	1.16785	1.165311		1.117075	1.116361	0.929546	
	1.043276	1.058388	1.095523		1.033438	1.079105	1.009068	
	1.02571	1.025232	1.118067		1.088946	0.99556	1.061172	
	1.102109	1.247265	1.070401		1.063139	0.968714	1.11979	
	1.061231	1.184157	1.069971		0.991237			
		1.088645						
Promedio	1.099196				1.063888			
Desv. std2	0.004611				0.003822			
N=	48				45			

S2p = 0.00423  
to = 3.418898  
t 0.05,91 1.9865

Ho = M1 = M2

Si se rechaza Ho porque to Si es mayor + ó - que t 0.05,18

## XIII

Prueba estadística ANOVA K muestras independientes  
% de humedad general Zona Conservada

Datos reales	Junio	Julio	Agosto
	17.57	2.43	7.85
	19.43	1.12	10.36
	17.1	1.9	16.23
	19.6	0.99	9.68
	19.82	1.42	14.21
	29.82	2.05	13.79
	23.8	1.92	11.25
	20.34	1.64	12.18
	21.1	1.75	9.13
	17.23	2.28	12.57
Totales	205.61	17.5	117.25
Promedio	20.561	1.75	11.725
Total gen.	340.36		

Grados de libertad  
g.l total= 29  
g.l trat.= 2  
g.l error= 27

Cuadrados	Junio	Julio	Agosto
	308.7049	5.9049	61.6225
	377.5249	1.2544	107.3296
	292.41	3.61	263.4129
	384.16	0.9801	93.7024
	384.9444	2.0164	201.9241
	889.2324	4.2025	190.1641
	566.44	3.6864	126.5625
	413.7156	2.6896	148.3524
	445.21	3.0625	83.3569
	296.9729	5.1984	158.0049
Totales	42275.47	306.25	13747.56
Total gen.	115844.9		
Quad.Tot.	5826.253		

SC total 1964.755  
SC trat 1771.431  
SC error 193.3241  
  
CM trat 885.7154  
CM error 7.160153  
  
Fo 123.7008  
F.05.27 3.35

Ho Kn=K1,K2

Como Fo Sies mayor que F tablas Sise rechaza Ho

Prueba estadística ANOVA K muestras independientes  
% de humedad general Zona Degradada

Datos reales	Junio	Julio	Agosto
	11.11	0.52	3.29
	14.35	1.03	5.93
	12.2	0.82	7.26
	12.52	0.36	3.19
	11.56	0.77	6.11
	8.31	1.67	6.96
	13.39	1.07	4.38
	11.31	1.12	6.43
	18.46	1.58	4.98
	4.22		4.75
Totales	117.43	8.94	53.28
Promedio	11.743	0.993333	5.328
Total gen.	179.65		

Grados de libertad  
g.l total= 28  
g.l trat.= 2  
g.l error= 26

Cuadrados	Junio	Julio	Agosto
	123.4321	0.2704	10.8241
	205.9225	1.0609	35.1649
	148.84	0.6724	52.7076
	156.7504	0.1296	10.1761
	133.6336	0.5929	37.3321
	69.0561	2.7889	48.4416
	179.2921	1.1449	19.1844
	127.9161	1.2544	41.3449
	340.7716	2.4964	24.8004
	17.8084		22.5625
Totales	13789.8	79.9236	2838.758
Total gen.	32274.12		
Quad.Tot.	1816.372		

SC total 703.4715  
SC trat 556.836  
SC error 144.6356  
  
CM trat 279.418  
CM error 5.562907  
  
Fo 50.22877  
F.05.26 3.37

Ho Kn=K1,K2

Como Fo Sies mayor que F tablas Sise rechaza Ho



Prueba estadística No Paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar K muestras independientes  
 Tiempo Fósforo general zona degradada ppm

Datos reales	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Rangos de tabla de datos	No datos	dato real	rango	T
	7.5	7.5	5	5	5	11	5	9		
	37.5	37.5	5	5	5	13	5	24		
	12.5	100	5	7.5	12.5	3.5	37.5	33		120
	37.5	7.5	12.5	12.5	12.5	5	7.5	38.5		210
	50	37.5	5	12.5	12.5	5	100	47.5		120
	50	37.5	5	12.5	12.5	5	200	49		
	100	50	12.5	5	12.5	5		47		0
Promedio	43.1111	20.0	37.5	12.5	12.5	50				124950

Fac. corrección (C) Suma T  
 C = 1 - suma T/N - N C = 0.943145

Tabla de rangos

	abril	mayo	junio	julio	agosto				
	9	44	44	9	9				
	33	33	9	9	9				
	38.5	47.5	9	9	4				
	33	44	24	24	24				
	38.5	44	9	9	24				
	48.5	33	9	9	24				
	47.5	38.5	24	24	9				
Suma de rangos	300.5	289	124	185	200.0				
Cuadrado de suma	90300.25	145924	20736	34225	43690				
No de datos columna	9	10	10	10	10				

A 0.004898 B 34510.89 C 150  
 H<sup>2</sup> 19.03291 Hc 19.83291 X<sup>2</sup> 05.4  
 Ho Kn=K1,K2 9.488 Sise rechaza Ho

Prueba estadística No Paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar K muestras independientes  
 Tiempo Potasio general zona conservada ppm

Datos reales	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Rangos de tabla de datos	No datos	dato real	rango	T
	200	200	150	200	7.5	4	110	3.5		0
	200	200	200	2000	2000	2	130	6.5		60
	200	200	200	17.5	200	5	130	8		60
	200	200	200	2000	1050	5	150	11		120
	17.5	200	200	110	1200	3	200	34.5		32736
	200	200	200	110	200	5				
	200	200	200	110	200	5				
Promedio	173.8	177.5	173.5	174	174.5					33042

Fac. corrección (C) Suma T  
 C = 1 - suma T/N - N C = 0.735558

Tabla de rangos

	abril	mayo	junio	julio	agosto				
	34.5	34.5	11	34.5	18				
	34.5	34.5	18	34.5	34.5				
	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5				
	34.5	34.5	11	34.5	34.5				
	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5				
	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5				
	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5				
	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5				
	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5				
Suma de rangos	300	311.5	236	180.5	247				
Cuadrado de suma	90000	97032.25	65336	25760	61009				
No de datos columna	10	10	10	10	10				

A 0.004706 B 33933.75 C 153  
 H<sup>2</sup> 6.688235 Hc 9.83234 X<sup>2</sup> 05.4  
 Ho Kn=K1,K2 9.488 No se rechaza Ho

Prueba estadística No Paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar K muestras independientes  
 Tiempo Potasio general zona degradada ppm

Datos reales	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Rangos de tabla de datos	No datos	dato real	rango	T
	400	200	400	250	17.5	1	50	1		
	250	200	225	175	200	1	75	4.5		
	500	200	200	110	17.5	4	110	4.5		60
	500	200	400	225	400	6	150	9.5		210
	150	150	110	110	110	3	175	14		24
	400	200	400	150	210	19	200	25		6840
	200	200	200	200	200	1	210	35		
	500	200	200	200	225	3	225	37		24
	150	150	200	200	150	2	250	39.5		6
	200	50	300	200	75	1	300	41		210
Promedio	328	178	283.5	192	192		500	44.5		24

Fac. corrección (C) Suma T  
 C = 1 - suma T/N - N C = 0.943145

Tabla de rangos

	abril	mayo	junio	julio	agosto				
	44.5	25	44.5	39.5	14				
	39.5	25	37	14	25				
	49	25	25	4.5	14				
	49	25	44.5	37	4.5				
	9.5	9.5	4.5	4.5	4.5				
	44.5	25	44.5	9.5	35				
	25	25	25	25	25				
	49	25	25	25	37				
	9.5	9.5	25	25	9.5				
	25	1	41	25	2				
Suma de rangos	344.5	195	316	209	210.5				
Cuadrado de suma	118680.3	38025	99856	43681	44310.25				
No de datos columna	10	10	10	10	10				

A 0.004706 B 34455.25 C 153  
 H<sup>2</sup> 9.142353 Hc 9.693473 X<sup>2</sup> 05.4  
 Ho Kn=K1,K2 9.488 Sise rechaza Ho

XVI

Prueba estadística No Paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar K muestras independientes  
 Tiempo Calcio general zona conservada ppm

Datos reales	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Rangos de tabla de datos		T	
						No datos	dato real	rango	
7000	7000	5000	8500	5000	5000	1	750	1	0
7000	7000	7000	7000	5000	5000	2	1750	2.5	6
7000	7000	7000	7000	3500	3500	5	3500	6	120
7000	7000	5000	1750	1750	5000	12	5000	14.5	1716
7000	5000	5000	7000	5000	29	7000	35	24360	0
7000	7000	5000	7000	7000	1	8500	50	0	0
7000	7000	7000	7000	5000					
7000	7000	5000	7000	3500	3500	50			
7000	7000	5000	7000	3500	3500				
7000	750	5000	7000	3500	5000				
<b>Promedio</b>	<b>7000</b>	<b>6175</b>	<b>5800</b>	<b>6275</b>	<b>4275</b>	<b>Fac. corrección (C)</b>		<b>Suma T</b>	<b>26202</b>
						<b>C = 1 - suma T / N^2 - N</b>		<b>N^2 - N</b>	<b>124950</b>
								<b>C</b>	<b>0.7903</b>

Tabla de rangos

	abril	mayo	junio	julio	agosto
	35	35	14.5	50	14.5
	35	35	35	35	14.5
	35	35	35	35	6
	35	35	14.5	2.5	6
	35	14.5	14.5	35	14.5
	35	35	14.5	35	14.5
	35	35	35	35	14.5
	35	35	14.5	35	6
	35	35	14.5	35	6
	35	1	14.5	35	6
<b>Suma de rangos</b>	<b>350</b>	<b>295.5</b>	<b>219.5</b>	<b>303.5</b>	<b>119.5</b>
<b>Cuadrado de suma</b>	<b>122500</b>	<b>87320.25</b>	<b>42642.25</b>	<b>92112.25</b>	<b>14280.25</b>
<b>No de datos columna</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>

A: 0.004706 B: 35885.5 C: 153  
 H: 15.87294 Hc: 20.0847 X: 05.4  
 Ho Kn=K1,K2 9.488  
 Se rechaza Ho

Prueba estadística No Paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar K muestras independientes  
 Tiempo Calcio general zona degradada ppm

Datos reales	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Rangos de tabla de datos		T	
						No datos	dato real	rango	
5000	7000	7000	7000	7000	3500	10	3500	5.5	990
5000	5000	5000	7000	7000	3500	26	5000	23.5	17580
5000	5000	5000	7000	7000	3500	14	7000	43.5	2730
5000	7000	3500	5000	5000	5000				0
5000	5000	5000	5000	3500	3500				0
7000	5000	5000	5000	3500	3500				0
7000	7000	7000	7000	5000	3500				0
7000	5000	5000	5000	5000	3500				0
7000	5000	7000	7000	3500	3500				0
7000	5000	5000	7000	7000	7000				0
<b>Promedio</b>	<b>5888</b>	<b>6828</b>	<b>6828</b>	<b>6388</b>	<b>4388</b>	<b>Fac. corrección (C)</b>		<b>Suma T</b>	<b>21270</b>
						<b>C = 1 - suma T / N^2 - N</b>		<b>N^2 - N</b>	<b>124950</b>
								<b>C</b>	<b>0.829772</b>

Tabla de rangos

	abril	mayo	junio	julio	agosto
	23.5	43.5	43.5	43.5	5.5
	23.5	23.5	23.5	43.5	5.5
	23.5	43.5	43.5	43.5	23.5
	23.5	23.5	23.5	23.5	23.5
	43.5	23.5	23.5	23.5	5.5
	23.5	43.5	43.5	43.5	5.5
	23.5	23.5	23.5	23.5	5.5
	43.5	23.5	23.5	23.5	4.5
<b>Suma de rangos</b>	<b>275</b>	<b>285</b>	<b>287</b>	<b>287</b>	<b>47</b>
<b>Cuadrado de suma</b>	<b>75625</b>	<b>81225</b>	<b>82209</b>	<b>82209</b>	<b>2211</b>
<b>No de datos columna</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>

A: 0.004706 B: 34056.9 C: 153  
 H: 7.277176 Hc: 8.778893 X: 05.4  
 Ho Kn=K1,K2 9.488  
 No se rechaza Ho

Prueba estadística ANOVA K muestras independientes  
 Tiempo Materia orgánica general Zona Conservada

Datos reales	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
5.75	5.922	3.81	2.208	6.219	
5.75	5.922	3.81	2.208	6.219	
5.942	2.482	4.012	3.209	6.017	
3.45	2.109	3.008	3.008	7.822	
<b>Totales</b>	<b>20.892</b>	<b>15.718</b>	<b>10.832</b>	<b>13.839</b>	<b>23.285</b>
<b>Promedio</b>	<b>2.0892</b>	<b>1.5718</b>	<b>1.0832</b>	<b>1.3839</b>	<b>2.3285</b>
<b>Total gen.</b>	<b>84.347</b>	<b>62.872</b>	<b>43.328</b>	<b>55.356</b>	<b>93.138</b>

Grados de libertad  
 g. total = 19  
 g. trat = 4  
 g. error = 15

Cuadros

	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
33.0825	35.30738	13.0321	4.856438	41.20358	
35.0825	38.210084	0.0401	2.788438	3.7814	
35.30738	6.210084	16.09814	10.28788	38.20429	
11.8025	4.447881	9.054081	9.048084	58.09488	
<b>Totales</b>	<b>43147.57</b>	<b>2470555</b>	<b>1173322</b>	<b>1858955</b>	<b>5413533</b>
<b>Total gen.</b>	<b>7134418</b>				
<b>Cuad. total</b>	<b>4215123</b>				
<b>SC total</b>	<b>6579152</b>				
<b>SC trat</b>	<b>3933941</b>				
<b>SC error</b>	<b>2645211</b>				
<b>CM trat</b>	<b>6.583029</b>				
<b>CM error</b>	<b>2.630827</b>				
<b>Fo</b>	<b>2.882468</b>				
<b>F(4,15)</b>	<b>3.78</b>				

Ho Kn=K1,K2  
 Como Fo es mayor que F tablas No se rechaza Ho



XVII

Prueba estadística ANOVA K muestras independientes  
Tiempo Materia Orgánica General Zona Conservada

Datos reales	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
1.725	1.442	1.802	1.401	1.601	
2.3	0.802	0.802	0.201	1.605	
2.875	3.007	1.405	0.209	2.402	
1.342	2.875	0.602	0.201	0.602	
<b>Totales</b>	<b>8.242</b>	<b>8.086</b>	<b>6.361</b>	<b>4.012</b>	<b>6.018</b>
<b>Promedio</b>	<b>2.0605</b>	<b>2.0215</b>	<b>1.59025</b>	<b>1.003</b>	<b>1.5045</b>
<b>Total gen.</b>	<b>29.968</b>				

Grados de libertad  
g. total = 19  
g. trat = 4  
g. error = 15

Cuadrados	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
2.975625	1.800984	0.643204	0.160801	1.971216	
5.29	0.843204	0.843204	0.040401	3.576025	
8.265525	9.406489	1.971216	10.29768	5.793649	
1.800984	6.265625	0.382404	0.040401	0.382404	
<b>Totales</b>	<b>87.93058</b>	<b>85.3834</b>	<b>13.0321</b>	<b>16.08614</b>	<b>36.21837</b>
<b>Total gen.</b>	<b>83.311</b>				

SC total 18.40705  
SC trat 4.760581  
SC error 13.64647  
CM trat 1.190145  
CM error 0.909765  
F<sub>0</sub> 1.38818  
F<sub>0.5,4,15</sub> 3.28

H<sub>0</sub> K=K1, K2  
Como F<sub>0</sub> no es mayor que F tabla No se rechaza H<sub>0</sub>

Prueba estadística ANOVA K muestras independientes  
Bacterias Totales Nutritivo General Conservada

Datos reales	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
7.074231	7.500802	7.458809	7.507583	7.065197	
7.0222335	7.1839899	7.2228002	7.418574	7.3294886	
7.0386043	7.5800099	7.4604622	7.4227322	6.6208511	
7.1771061	7.5885593	7.8111881	7.4879884	7.4463223	
6.834333	7.633474	7.693658	7.42444	7.06744	
7.183211	7.598441	7.65488	7.445715	7.710825	
7.122379	6.105428	7.273335	6.973399	7.088388	
<b>Totales</b>	<b>70.89329</b>	<b>75.48779</b>	<b>75.28399</b>	<b>73.93124</b>	<b>65.92864</b>
<b>Promedio</b>	<b>17.47332</b>	<b>18.87195</b>	<b>18.82099</b>	<b>18.48281</b>	<b>16.48216</b>
<b>Total gen.</b>	<b>381.1865</b>				

Grados de libertad  
g. total = 48  
g. trat = 4  
g. error = 44

Cuadrados	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
59.0504	57.8770	55.8619	58.8638	57.4917	
48.12374	56.25909	58.67837	55.00555	54.40498	
7.0222335	6.48338	52.17443	58.9394	53.77337	
53.81384	55.80775	57.54485	56.81534	55.2203	
4.950559	55.45665	55.65449	55.09699	43.89356	
5.11164	55.88654	61.01455	56.21976	55.43283	
48.71221	55.91895	59.19237	51.73007	61.85921	
7.074231	55.91895	59.19237	51.73007	61.85921	
5.140855	55.91895	59.19237	51.73007	61.85921	
50.72228	44.73899	52.89722	47.85044	50.21688	
<b>Totales</b>	<b>1302.557</b>	<b>1447.039</b>	<b>1486.798</b>	<b>1465.914</b>	<b>1346.586</b>
<b>Total gen.</b>	<b>766.212</b>				

SC total 3.851034  
SC trat 1.271825  
SC error 2.579209  
CM trat 0.317956  
CM error 0.058618  
F<sub>0</sub> 5.424173  
F<sub>0.5,4,44</sub> 2.68

H<sub>0</sub> K=K1, K2  
Como F<sub>0</sub> es mayor que F tabla Si se rechaza H<sub>0</sub>

Prueba estadística ANOVA K muestras independientes  
Bacterias Totales Nutritivo General Degradada

Datos reales	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
6.93993	7.327275	6.88392	7.244513	6.934439	
6.805507	6.909223	7.147844	6.825108	6.773442	
7.044451	7.373878	7.152836	6.937151	7.195179	
6.801632	6.284176	7.812378	6.186623	6.884261	
7.182432	7.284176	7.355378	6.826623	7.238548	
7.270998	7.151193	6.550938	7.609384	6.597186	
7.074781	7.580013	7.401539	7.483692	7.095085	
7.439333	7.216072	7.200367	7.341645	7.228816	
6.918636	6.110924	7.789473	5.830825	7.557546	
6.03337		5.32367		6.54605	
<b>Totales</b>	<b>70.08126</b>	<b>63.7219</b>	<b>70.82894</b>	<b>65.76159</b>	<b>70.07921</b>
<b>Promedio</b>	<b>17.520315</b>	<b>15.930475</b>	<b>17.707235</b>	<b>16.4403975</b>	<b>17.5198025</b>
<b>Total gen.</b>	<b>340.4708</b>				

Grados de libertad  
g. total = 47  
g. trat = 4  
g. error = 43

Cuadrados	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
48.16223	53.68896	47.38835	50.4829	48.3845	
46.11493	47.37336	51.08881	46.5821	45.87952	
49.62429	54.37408	51.16306	70.51214	51.77006	
4.626522	46.02408	57.9483	66.07529	47.39905	
5.158733	3.13203	57.08374	7.48071	52.38958	
52.868741	51.13956	42.91479	57.80242	43.55226	
50.0106	57.15338	54.78278	56.15542	50.34023	
55.343598	52.0717	51.84528	53.89975	52.25723	
47.86752	37.34339	60.67589	33.99852	57.11665	
4.36074		40.6078		4.92265	
<b>Totales</b>	<b>2911.383</b>	<b>4060.48</b>	<b>5016.421</b>	<b>4324.587</b>	<b>4911.095</b>
<b>Total gen.</b>	<b>1156.204</b>				

SC total 1.93852  
SC trat 0.558518  
SC error 1.38  
CM trat 0.13963  
CM error 0.264651  
F<sub>0</sub> 0.627698  
F<sub>0.5,4,43</sub> 2.68

H<sub>0</sub> K=K1, K2  
Como F<sub>0</sub> no es mayor que F tabla No se rechaza H<sub>0</sub>

XVIII

Prueba estadística ANOVA K muestras independientes  
Bacterias totales Pikovskaya General Conservada

Datos reales	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Grados de libertad
	7.229109	7.6177624	7.353871	7.487235	6.283819	g.l total= 47
	6.9917	7.449735	7.355038	7.513814	7.398024	g.l trat= 4
	6.948508	7.818115	7.119536	7.706794	7.139381	g.l error= 43
	7.117226	7.275708	7.535391	7.578348	7.303656	
	7.155341	7.966142	7.445198	7.443017	8.242655	
	6.942008	7.835703	7.823001	7.626022	7.479094	
	7.143075	7.723875	7.638659	7.191761	7.364745	
	7.23372	7.61422	7.623665	7.178627	7.829095	
	6.994894	7.695314	7.621138	7.373193	7.2279	
Totales	63.75525	6.693026	7.651306	6.935157		
Promedio	7.009177	7.548948	7.51748	7.403211	6.624937	
Total gen.	354.7009				7.269787	

Cuadros	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
	52.26002	58.0282	54.0942	56.05889	59.23543
	46.86387	55.49855	54.15544	56.4574	54.74556
	48.28176	61.12292	50.68779	59.39467	50.97078
	50.65491	52.93593	56.78212	57.40105	55.34339
	51.19919	63.45942	55.48055	55.38665	67.84138
	48.19148	58.30396	61.15934	58.15621	55.93685
	51.02352	59.65855	58.38911	51.72143	54.23947
	6.213167	7.527188	7.973276	7.53276	6.213167
	48.92854	59.21786	58.08174	54.36398	52.24254
Totales	4054.732	44.7966	58.54248	48.0964	
Total gen.	125812.7	5698.659	5851.251	5480.738	4388.978
Cuad.Tot.	2626.763				

SC total	5.664481
SC trat	1.267615
SC error	4.396866
CM trat	0.316904
CM error	0.102253
Fo	3.099221
F.05,4,43	2.58

Ho Kn=K1.K2

Como Fo Si es mayor que F tablas Si se rechaza Ho

Prueba estadística ANOVA K muestras independientes  
Bacterias totales Pikovskaya General Degradada

Datos reales	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Grados de libertad
	6.978124	7.274022	6.395737	7.410338	6.748708	g.l total= 44
	7.140643	7.345525	7.022235	7.57778	7.178861	g.l trat= 4
	7.191808	7.365528	7.784478	7.490291	6.844671	g.l error= 40
	6.790055	6.769521	7.389076	7.143051	6.982292	
	7.108468	7.340372	7.312227	7.698229	6.886652	
	7.388954	7.834717	5.252015	7.552267	7.209557	
	6.908927	7.605204	7.020591	7.577132	7.355806	
	6.13521	5.27184	7.020591	7.577132	7.573635	
		5.850238	7.719882	5.896995	5.527377	
			5.30272			
Totales	55.64088	64.70178	69.45965	65.4224	62.30678	
Promedio	6.955123	7.188088	6.945988	7.364737	6.82981	
Total gen.	317.5336					

Cuadros	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
	48.69421	52.81241	40.91824	54.91312	45.51807
	50.98878	50.90197	49.28932	60.80437	51.53605
	51.71923	54.25097	50.65433	56.10446	46.84952
	46.10478	45.82541	54.59944	51.02318	46.75224
	50.53032	53.88048	53.47551	48.75237	47.58199
	54.58709	61.38279	39.08769	57.03674	51.97771
	47.74709	57.83913	50.12828	57.41293	54.06376
	37.6408	58.66482	50.24811	57.07028	57.35995
		34.22528	59.59949	34.77455	30.48958
			28.0348		
Totales	3095.918	4186.322	4824.644	4280.352	3882.136
Total gen.	10287.8				
Cuad.Tot.	2235.855				

SC total	15.24141
SC trat	0.93092
SC error	14.31049
CM trat	0.23273
CM error	0.357762
Fo	0.660818
F.05,4,40	2.61

Ho Kn=K1.K2

Como Fo No es mayor que F tablas No se rechaza Ho

XIX

Prueba estadística ANOVA K muestras independientes  
Bacterias Solubilizadoras General Conservada

Datos reales	Grados de libertad				
	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
5.11092	5.34857	5.57928	5.2009	5.87853	g.l total= 19
5.71127	5.35326	5.17667	6.03029	6.90687	g.l trat.= 4
5.77008	5.66598	5.84629	6.39931	5.87803	g.l error= 15
5.92082	5.32391	5.31745	5.57131	6.58122	
Totales	22.51708	22.28177	21.91988	24.2011	25.07485
Promedio	5.62927	5.57225	5.47992	6.05043	6.26118
Total gen.	116.9709				

Cuadrados	Grados de libertad				
	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
37.34334	35.38549	31.12837	38.45116	32.22299	
32.61881	28.65739	26.79791	35.3644	47.73248	
33.26382	32.1031	34.17911	40.95117	34.55124	
35.05611	28.34402	28.27527	31.0395	43.31246	
Totales	552.8654	498.9199	480.4728	585.7276	627.2345
Total gen.	13682.2				
Cuad. Tot.	687.8079				

SC total	3.69788
SC trat	1.69501
SC error	2.00288
CM trat	0.423752
CM error	0.133525
Fo	3.173573
F.05,4,15	3.06

Ho Kn=K1.K2

Como Fo Sies mayor que F tablas Sise rechaza Ho

Prueba estadística ANOVA K muestras independientes  
Bacterias Solubilizadoras General Degradada

Datos reales	Grados de libertad				
	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
5.86485	5.50059	5.57358	5.90002	5.85355	g.l total= 17
5.63165	5.99255	5.61513	5.65198	5.28414	g.l trat.= 4
5.77998	5.44228	5.45778	6.1004	6.12561	g.l error= 13
5.26144	5.3184		4.5298		
Totales	22.34257	22.25434	18.64847	22.1822	17.2633
Promedio	5.58564	5.56388	5.54892	5.54853	5.75443
Total gen.	108.6889				

Cuadrados	Grados de libertad				
	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
32.08828	30.25849	31.08457	34.81024	34.28405	
31.77013	35.91066	31.52968	31.94488	27.92214	
33.40817	29.62407	29.76738	37.21488	37.5231	
27.68275	28.28538		20.51909		
Totales	499.1904	495.2558	277.105	492.05	298.0215
Total gen.	1013.325				
Cuad. Tot.	585.8059				

SC total	2.369747
SC trat	1.89708
SC error	2.273039
CM trat	0.024177
CM error	0.174849
Fo	0.138274
F.05,4,13	3.18

Ho Kn=K1.K2

Como Fo No es mayor que F tablas No se rechaza Ho

Prueba estadística ANOVA K muestras independientes  
Bacterias Relación 77 k Pitovskaya General Conservada

Datos reales	Grados de libertad				
	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
1.170707	1.07397	1.024217	1.268908	1.231354	g.l total= 47
1.045033	1.12853	1.09222	1.136577	1.02571	g.l trat.= 4
1.042874	1.029364	1.173558	1.082924	1.102109	g.l error= 43
1.030712	1.011334	1.040366	1.069187	1.061231	
1.322816	1.188741	1.072898	1.095523	1.056388	
1.48406	1.24483	1.088834	1.150675	1.025232	
1.030011	1.166838	1.042956	1.070401	1.247265	
1.040661	1.1775	1.076813	1.086071	1.183557	
Totales	9.86335	1.16785	1.185311	1.086645	9.579722
Promedio	1.97267	1.13378	1.08278	1.08511	1.919724
Total gen.	52.78137				

Cuadrados	Grados de libertad				
	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
1.148398	1.153412	1.04902	1.269922	1.518232	
1.081868	1.273581	1.1929	1.201805	1.055281	
1.082585	1.055959	1.390588	1.172125	1.118441	
1.765098	1.433105	1.150668	1.200017	1.1220186	
1.010242	1.284462	1.14262	1.250074	1.051101	
1.080922	1.381512	1.087758	1.145757	1.555871	
1.103879	1.31011	1.16362	1.144837	1.402272	
Totales	9.51692	12.0481	12.0238	11.92065	9.57488
Total gen.	173.362				
Cuad. Tot.	58.21477				

SC total	0.216726
SC trat	0.034339
SC error	0.211286
CM trat	0.00136
CM error	0.004914
Fo	8.274783
F.01,4,43	2.58

Ho Kn=K1.K2

Como Fo No es mayor que F tablas No se rechaza Ho

Prueba estadística ANOVA K muestras independientes  
Bacterias Relación r / K Piróvskaia General Degradada

Datos reales	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Grados de libertad
	1.0311855	1.127897	1.058289	1.084802	1.0064	g.l total= 44
	1.0864991	0.971742	0.937542	0.935409	1.108626	g.l trat.= 4
	1.0364705	1.134211	1.139759	1.077869	1.024608	g.l error= 40
	1.0569333	1.107177	1.099087	1.098894	1.089374	
	1.0509937	1.0665007	1.0425882	1.016777	1.117075	
	1.0091092	1.119811	1.043595	1.219875	1.033438	
	1.0611722	1.0799005	1.0026334	1.141369	1.088948	
	1.111979	0.999556	1.048215	1.081948	1.063139	
		0.968114	1.086644	0.963107	0.981233	
			0.929946			
Totales	8.426858	8.581177	7.97629	8.579547	8.425279	
Promedio	1.053332	1.072722	1.031829	1.07244	1.048764	
Total gen	47.38595					

Cuadrados	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
	1.064395	1.272151	1.201808	1.133377	1.017998
	1.141667	0.944283	0.878988	0.874989	1.224621
	1.032613	1.28823	1.29905	1.161155	1.048821
	1.143468	1.225826	1.142948	1.203176	0.987552
	1.104469	1.24876	1.088976	1.247857	1.007994
	1.018218	1.246262	1.089099	1.488036	1.007994
	1.126085	1.164487	1.005275	1.302723	1.185804
	1.253393	0.999114	1.044559	1.12773	1.130265
		0.938406	1.185188	0.931431	0.982551
			0.8628		
Totales	7.160857	9.141611	10.98628	9.176772	8.833589
Total gen	2.45233				
Cuad Tot					
SC total	0.168167				
SC trat	0.094041				
SC error	0.164126				
CM trat	0.00101				
CM error	0.004103				
Fo	0.248238				
F.05.4.40	2.81				

Ho Kn=K1,K2

Como Fo No es mayor que F tablas No se rechaza Ho

Prueba estadística ANOVA K muestras independientes  
Bacterias Relación r / K Nutritivo General Conservada

Datos reales	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Grados de libertad
	1.252748	1.230755	1.088072	1.122451	1.148942	g.l total= 48
	1.150748	1.142486	1.181846	1.095721	1.118219	g.l trat.= 4
	1.127665	1.165449	1.070666	1.135729	1.230097	g.l error= 44
	1.029494	1.157241	1.186649	1.228147	1.106738	
	1.087426	1.196599	1.085367	1.151674	1.029998	
	1.039756	1.181932	1.110997	1.167483	1.113335	
	1.1448	1.052076	1.159241	1.155184	1.041036	
	1.073334	1.134922	1.105894	1.111508	1.08061	
	1.075962	1.162771	1.121282	1.101502	1.181036	
	1.082251	1.101643	1.079848	1.121449		
Totales	11.06418	11.52677	11.18897	11.39025	10.05001	
Promedio	1.106418	1.152677	1.118897	1.146745	1.126799	
Total gen	55.22151					

Cuadrados	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
	1.569938	1.514757	1.1839	1.259897	1.320067
	1.32422	1.305274	1.396759	1.200605	1.250414
	1.271629	1.358272	1.146313	1.28988	1.513139
	1.059857	1.339207	1.407758	1.508345	1.224869
	1.182494	1.43185	1.178021	1.326354	1.060895
	1.081092	1.398964	1.234313	1.363017	1.239515
	1.310566	1.108758	1.34384	1.334449	1.083756
	1.152046	1.288047	1.223002	1.23545	1.167718
	1.157695	1.352037	1.257273	1.213306	1.394846
	1.171267	1.213618	1.166071	1.257648	
Totales	12.24162	13.28665	12.52093	12.97514	10.10027
Total gen	3049.416				
Cuad Tot	62.37045				
SC total	0.137483				
SC trat	0.013895				
SC error	0.123587				
CM trat	0.003474				
CM error	0.002809				
Fo	1.236769				
F.05.4.48	2.58				

Ho Kn=K1,K2

Como Fo No es mayor que F tablas No se rechaza Ho

## XXI

Prueba estadística ANOVA K muestras independientes  
Bacterias Relación r / k Nutritivo General Degradada

Datos reales						Grados de libertad	
	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	g.l total =	46
1.174148	1.209969	1.064932	1.174771			g.l trat. =	4
1.033368	0.974993	0.989764	0.892952	1.044842		g.l error =	42
1.213451	1.207971	1.071001	1.170139	1.10532			
1.172349	1.223939	1.083961	1.372266	1.031595			
1.052906	1.096211	1.113064	1.116235	1.223059			
1.039557	1.074868	1.169368	1.092628	1.055304			
1.104233	1.116801	1.070061	1.164796	1.103068			
1.1563	1.103705	1.112496	1.185433	1.177501			
1.070451	1.062729	1.103865	1.09137	1.10015			
1.022401		1.023899		1.04066			
<b>Totales</b>	<b>11.03917</b>	<b>10.07119</b>	<b>10.80241</b>	<b>10.26059</b>	<b>9.881499</b>		
<b>Promedio</b>	<b>1.103917</b>	<b>1.119021</b>	<b>1.080241</b>	<b>1.145273</b>	<b>1.101204</b>		
<b>Total gen.</b>	<b>52.05485</b>						

Cuadrados					
	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
1.378624	1.464025	1.134081	1.380087		
1.067849	0.950612	0.979634	0.797363	1.091696	
1.472463	1.459194	1.147043	1.369225	1.221733	
1.374403	1.498027	1.174971	1.883114	1.064188	
1.108612	1.201679	1.236911	1.245982	1.495872	
1.080679	1.155342	1.36742	1.193836	1.113666	
1.219331	1.247244	1.14503	1.356751	1.216759	
1.33703	1.218164	1.237647	1.405252	1.386509	
1.145865	1.129393	1.218518	1.191089	1.210331	
1.045304		1.04837		1.082973	
<b>Totales</b>	<b>121.8632</b>	<b>101.4288</b>	<b>116.6921</b>	<b>105.2797</b>	<b>97.64402</b>
<b>Total gen.</b>	<b>2709.708</b>				
<b>Cuad. Tot.</b>	<b>57.95189</b>				

SC total 0.298535  
SC trat 0.01912  
SC error 0.279415

CM trat 0.00478  
CM error 0.006653

Fo 0.718494  
F.05,4,43 2.58

Ho Kn=K1,K2

Como Fo No es mayor que F tablas No se rechaza Ho

## Apéndice 4

No. Cepa	Mono	Di	Tri	Forma	Color	Superficie	Borde	Elevación	Luz Transmitida	Luz Reflejada	Aspecto	Consistencia
1001	5	5	6	Circular	Anaranjado	Lisa	Entero	Plana	Mate	Opaca	Seco	Suave
1002	4	3	4	Fusiforme	Amarillo	Lisa	Entero	Plana	Mate	Opaca	Seco	Butirosa
1003	5	5	6	Ameboide	Amarillo	Rugosa	Lobulado	Convexa pap.	Mate	Opaca	Seco	Suave
1004	8	8	9	Rizoide	Hueso	Rugosa	Entero	Plana	Mate	Opaca	Seco	Suave
1005	5	6	6	Ameboide	Amarillo	Rugosa	Lobulado	Convexa pap.	Mate	Opaca	Seco	Butirosa
1006	3	5	3	Circular	Café claro	Rugosa	Ondulado	Convexa	Mate	Opaca	Seco	Butirosa
1007	7	4	6	Ameboide	Hueso	Lisa	Entero	Convexa pap.	Brillante	Opaca	Húmeda	Butirosa
1008	7	5	6	Ameboide	Café	Rugosa	Ondulado	Plana	Mate	Opaca	Seco	Suave
1010	3	4	6	Rizoide	Hueso	Rugosa	Ondulado	Convexa plana	Mate	Opaca	Seco	Butirosa
1011	5	7	7	Rizoide	Amarillo	Rugosa	Crenado	Convexa plana	Mate	Opaca	Seco	Suave
1012	7	4	9	Rizoide	Crema	Rugosa	Ondulado	Crateriforme	Mate	Opaca	Seco	Suave
1013	7	6	9	Rizoide	Café	Rugosa	Ondulado	Convexa pap.	Mate	Opaca	Seco	suave
1014	4	5	5	Circular	Hueso	Lisa	Entero	Convexa	Brillante	Opaca	Húmeda	Mucoide
1015	5	7	4	Rizoide	Amarillo	Rugosa	Ondulado	Plana	Mate	Opaca	Seco	Suave
1016	7	5	4	Ameboide	Crema	Rugosa	Ondulado	Plana	Mate	Opaca	Seco	Suave
1017	6	5	5	Rizoide	Café claro	Rugosa	Ondulado	Convexa plana	Mate	Opaca	Seco	Suave
1018	5	6	7	Ameboide	Crema	Rugosa	Ondulado	Plana	Mate	Opaca	Seco	Suave
1020	6	6	4	Ameboide	Anaranjado	Rugosa	Ondulado	Convexa plana	Mate	Opaca	Seco	Suave
1021	8	7	9	Ameboide	Crema	Granulosa	Ondulado	Plana	Mate	Opaca	Seco	Suave
1022	6	13	5	Fusiforme	Café claro	Lisa	Entero	Creteriforme	Brillante	Opaca	Húmeda	Mucoide
1023	10	4	8	Ameboide	Café claro	Rugosa	Ondulado	Convexa plana	Mate	Opaca	Seco	Suave
1024	4	5	5	Ameboide	Hueso	Rugosa	Ondulado	Convexa pap.	Mate	Opaca	Seco	Suave
1025	4	4	4	Rizoide	Hueso	Rugosa	Crenado	Elevada	Mate	Opaca	Seco	Suave
1026	6	6	7	Rizoide	Crema	Rugosa	Ondulado	Creteriforme	Mate	Opaca	Seco	Suave
1027	5	7	4	Ameboide	Hueso	Granulosa	Ondulado	Elevada	Mate	Opaca	Seco	Suave
1029	6	8	2	Ameboide	Amarillo	Rugosa	Ondulado	Plana	Mate	Translucida	Seco	Suave
1031	5	4	9	Rizoide	Amarillo	Rugosa	Crenado	Elevada	Mate	Opaca	Seco	Suave
1032	4	3	2	Ameboide	Carne	Rugosa	Ondulado	Plana	Mate	Opaca	Seco	Suave

