



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

Centro de Investigaciones en Ecosistemas

“El efecto de las especies leñosas, en la recuperación natural de los suelos posterior al uso ganadero, en la región de Chamela, Jalisco”.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(Biología Ambiental)

P R E S E N T A

Fabiola Murguía Flores

DIRECTORA DE TESIS: Dra. Mayra Elena Gavito Pardo

COMITÉ TUTOR: Dra. Christina Désireé Siebe Grabach,
Dr. Horacio Paz Hernández

MORELIA, MICHOACÁN

MARZO 2012



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Dr. Isidro Ávila Martínez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

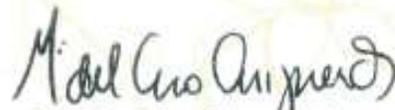
Por medio de la presente me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 16 de enero del 2012, se acordó poner a su consideración el siguiente jurado para el examen de grado de Maestría en Ciencias Biológicas (Biología Ambiental) de la alumna **Murguía Flores Fabiola** con número de cuenta **99217109** con la tesis titulada: **"El efecto de las especies leñosas, en la recuperación natural de los suelos posterior al uso ganadero, en la región de Chamela, Jalisco"** bajo la dirección de la **Dra. Mayra Elena Gavito Pardo**.

Presidente:	Dra. Silke Cram Heydrich
Vocal:	Dra. Christina Siebe Grabach
Secretario:	Dr. Victor J. Jaramillo Luque
Suplente:	Dra. Julieta Benítez Malvido
Suplente:	Dr. Francisco Javier Álvarez Sánchez

El Comité Académico, aprobó que la integración del jurado se realizara a solicitud de la alumna, en apego a la nueva normatividad, acogiéndose al artículo **QUINTO TRANSITORIO**, con base en lo establecido en el Artículo 25 del Reglamento General de Estudios de Posgrado.

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
 Cd. Universitaria, D.F. a, 20 de marzo del 2012.



Dra. Maria del Coro Arizmenta Arriaga
Coordinadora del Programa

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Posgrado en Ciencias Biológicas por el apoyo brindado para el desarrollo de la maestría. Adicionalmente a la Universidad Nacional Autónoma de México por ser parte medular en mi preparación académica, así como al Centro de Investigaciones en Ecosistemas, por el espacio, los cursos y los recursos necesarios para mi formación profesional.

Al Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT, Registro de becario 233729) por la beca de manutención otorgada durante el desarrollo de la maestría y por la beca Mixta para realizar la estancia de investigación en el Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia del Concejo Superior de la Investigación Científica (IIAG-CSIC), España. Al Programa de Apoyo a los Estudios de Posgrado (PAEP), por su apoyo económico para la asistencia a congresos nacionales. A COMECYT por su apoyo económico para la finalización del presente trabajo.

Al financiamiento recibido de los proyectos UNAM-DGAPA-PAPIIT IN224010, SEP-CONACyT-2008-83441 y SEP-CONACyT-2009-129740 para el trabajo de campo y de laboratorio.

Muy en especial agradezco a la Dra. Mayra Gavito Pardo por la asesoría, apoyo y guía durante toda la maestría. A la Dra. Christina Siebe Grabach y al Dr. Horacio Paz Hernández, por las contribuciones, valiosas sugerencias, apoyo y consejos, las cuales fueron importantes para el desarrollo de esta tesis.

Este trabajo se vio sumamente enriquecido gracias a la Dra. Carmen Trasar Cepeda, al Dr. Fernando Gil Sotres y a la Dra. María del Carmen Leiros de la Peña por la oportunidad, enseñanza, recursos y espacio para realizar los análisis de actividad enzimática y parámetros bioquímicos de las muestras de suelo de este trabajo, en sus laboratorios del Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia (IIAG-CSIC) y de Edafología y química agrícola, de la Universidad de Santiago de Compostela. Agradezco sobre todo su hospitalidad, apoyo, guía y asesoría.

A la Dra. Silke Cram Heydrich, al Dr. Víctor Jaramillo Luque, al Dr. Francisco Javier Álvarez Sánchez y a la Dra. Julieta Benítez Malvido, por su paciente revisión, comentarios y observaciones al presente trabajo, los cuales contribuyeron a la mejoría de esta tesis.

A la Estación de Biología de Chamela del Instituto de Biología de la UNAM, por la hospitalidad de sus instalaciones y a toda la gente que sirve en ella.

A Eloy Castro, por prestarnos los terrenos para realizar el estudio, a su hijo Sergio Castro, a Rigoberto Castro y el Pollo por su ayuda en campo. A Gustavo Verduzco por su ayuda en la identificación de las plantas leñosas en campo.

A Ana Lidia Sandoval, Luis Martín Carmona y Maribel Nava por el apoyo en el trabajo de laboratorio.

A Ilyas Siddique, Alem German y Claudia González por el apoyo en los primeros muestreos de suelo, por hacer de las horas de trabajo un tiempo ameno y divertido. A Pavka Patiño y Celina Lemus por ayudarme con los censos de vegetación, por su amistad, apoyo y valiente ayuda en campo.



A Murray por ser quien es, por cambiar mis perspectivas, por el amor y la luz que le agrega a mi vida. También, por sus contribuciones e ideas que me ayudaron durante todo el desarrollo de la maestría.

A mis amigos: Miriam, Omar, Vane, Pavka, Clau, Oscar, Alfredo, Cynthia, Jesi, Lu, Liz y Jorjao, cuya amistad, risas, fiestas, ayuda y compañía, me ha servido como apoyo sustancial para seguir adelante.

A los amigos del laboratorio Interacción Planta-microbio-ambiente: Margarita, Ana, Ana L., Angel, Luis M., Susi y Daniel por los buenos ratos, por la ayuda, los buenos postres y las horas agradables en el lab.

A Diana Bello, Ana Iglesias y Elena García, por su gran ayuda académica y por los agradables momentos compartidos. A Isa, Félix, María, Romana, Fran, Lalo, Morquecho, Padrino y Lore, por su amistad, ayuda, cariño y sobre todo por hacer aún más placentera mi estancia en Compostela.

A Bea, Amaranta y Emi, por ser como mi familia aquí en Morelia, les agradezco mucho su amistad, buenas comidas, películas y cariño en todo momento.

A los amigos y compañeros del CIECo, que me acompañaron durante el proceso

DEDICATORÍA

A mis papás, por su apoyo confianza y amor incondicionales, porque simplemente lo que soy es por ellos.

A mi hermana Kenya por las risas, ayuda, buenos ratos y por ser la mejor hermana.

A mi hermano Oscar cuyo recuerdo sigue siendo un motivo importante para seguir adelante.

INDICE

RESUMEN	6
ABSTRACT	7
1.INTRODUCCIÓN	8
1.1 Importancia del suelo en el ecosistema	8
1.2 Influencia de la vegetación sobre el suelo	8
1.3 Calidad del suelo	9
1.4 Indicadores de calidad de suelo	10
1.5 Degradación del suelo	14
1.6 Efecto del pastoreo en el ecosistema	15
1.7 Degradación del bosque tropical seco	15
1.8 Pastoreo en la zona de Chamela, Jalisco	16
1.9 Abandono de los sitios y sucesión natural	17
2. JUSTIFICACIÓN	19
3. OBJETIVOS	20
3.1 Objetivos particulares	20
4. HIPÓTESIS	20
5. MATERIALES Y METODOS	21
5.1 Sitio de estudio	21
5.2 Historia de uso del suelo del sitio de estudio	22
5.3 Diseño experimental	23
5.4 Muestras de suelo	24
5.5 Censos de Vegetación	25
5.6 Mediciones climáticas	26
5.7 Medición de variables en muestras de suelo	27
5.8 Análisis de resultados	29
6. RESULTADOS	31
6.1 Tendencias en la calidad del suelo debida al manejo	31
6.2 El efecto del manejo en las relaciones de la cobertura vegetal con las propiedades del suelo.	38
7. DISCUSIÓN	44
7.1 Tendencias en la calidad del suelo debida al manejo	44
7.2 Efecto del tipo de manejo en la relación de la cobertura vegetal con algunos procesos del suelo.	47
8. CONCLUSIONES.	50
9. BIBLIOGRAFIA	51
ANEXO	63

El suelo es un elemento esencial en el desarrollo de los ciclos biogeoquímicos al ser la interfaz entre atmósfera, litosfera y biosfera, en él se desarrollan una serie de funciones esenciales para los ecosistemas que además tienen repercusión de carácter económico, social y cultural. Por otro lado las plantas desempeñan un papel fundamental en la formación y en las propiedades biogeoquímicas del suelo. La calidad del suelo es un término que se utiliza para referirse a su capacidad para funcionar, incluye atributos como la fertilidad, productividad potencial y propicia la sostenibilidad del sistema. Los mismos se pueden medir a través de indicadores que representan una condición y conllevan información acerca de los cambios o tendencias. La degradación del suelo se puede definir como “todo proceso que rebaja la capacidad actual y potencial del suelo de funcionar y de producir, cuantitativa y cualitativamente, bienes y servicios”, y estos se perciben a través de las consecuencias negativas de actividades humanas como la transformación de ecosistemas naturales a zonas agrícolas y de ganadería. En la región de Chamela Jalisco dichas transformaciones son comunes, normalmente cambiando de bosque tropical seco a zonas de cultivo y de pastoreo. El proceso incluye el corte de vegetación nativa, para el cultivo de maíz o pastos, sin embargo, la baja productividad de estos provoca abandono o la introducción de ganado vacuno en las zonas con vegetación secundaria, dejando crecer algunas plantas de la regeneración natural. El uso ganadero perturba al suelo mientras que la vegetación favorece algunos procesos y funciones del mismo, pero el manejo de cada parcela en esta región, conlleva variaciones en la intensidad y en la frecuencia del pastoreo y en el tipo de vegetación que se desarrolla, por lo que es importante evaluar el efecto que tienen las plantas establecidas, en su mayoría leñosas arbóreas, y el pastoreo, en las funciones y la calidad del suelo.

En dicha región se eligieron dos parcelas con uso ganadero irregular, donde se evaluó el estado de la agregación, la biomasa de raíces, la materia orgánica, la biomasa microbiana, la actividad enzimática y la concentración de N y P disponibles, en el suelo. Se exploró como estas variables cambian entre los tratamientos con pastoreo y sin él y con la presencia de plantas leñosas y sin su biomasa aérea, durante 16 meses, en parcelas para uso ganadero en un BTS de México. También, se evaluaron las relaciones de la vegetación con las propiedades del suelo y cómo estas cambian ante diferentes tipos de manejo. Para esto se eligieron dos parcelas (70x40 m) aledañas a la Estación Biológica de Chamela, Jalisco, con uso ganadero. En cada una se establecieron los tratamientos: Testigo (manejo original: pastoreo de ganado y permanencia de especies leñosas de la sucesión natural), tratamiento con leñosas (excluyendo el pastoreo y dejando las leñosas) y tratamiento sin biomasa aérea de leñosas (cortando la biomasa aérea de las leñosas establecidas y excluyendo el pastoreo).

Después de analizar las tendencias que provoca el manejo (permanencia de leñosas y pastoreo) en este tiempo de manejo no se encontraron diferencias estadísticas entre las propiedades del suelo, sin embargo un análisis integral de discriminantes lineales señalan una tendencia a la separación entre tratamientos. Se identificaron las variables que en conjunto cambian según el tratamiento, entre los que se encuentran los ácidos grasos indicadores de microorganismos en el suelo y la actividad de enzimas relacionadas con el ciclo del carbono, (β -glucosidasa e invertasa) y la actividad de la enzima proteasa-caseína. Observamos cómo se correlacionan las variables que representan procesos por encima del suelo (e.g. cobertura vegetal), con las que representan procesos en el suelo como la agregación, la actividad enzimática y la abundancia de microorganismos. Se observó que los sitios con un manejo donde se permite el crecimiento de las plantas leñosas establecidas y no existen perturbaciones antropogénicas (sin pastoreo y con plantas leñosas) tienden a mantener una relación positiva en las variables, mientras que la incursión de vacas o el chaponeo desacoplan ambas propiedades, lo que sugiere una tendencia a la degradación. Estos resultados tienen importantes implicaciones para la recomendación en la utilización de indicadores de calidad del suelo en el corto plazo y como primera aproximación de las tendencias de cambio en las propiedades del suelo ante el corte de biomasa aérea de leñosas y el pastoreo. No obstante, para aumentar la consistencia y solidez de los análisis es necesaria una investigación de mayor plazo, que permita comprender el efecto del tiempo de manejo sobre la dinámica biogeoquímica de la zona.

ABSTRACT

Soil is an essential element in the development of biogeochemical cycles to be the interface between atmosphere, lithosphere and biosphere, in which crucial ecosystem functions take place and have economic, social and cultural impacts. On the other hand plants play a key role in the formation and soil biogeochemical properties. Soil quality is a term used to refer to their ability to function including attributes such as fertility, productivity potential and promotes the sustainability of the system. They can be measured through indicators that represent a condition and convey information about changes or trends of soil degradation can be defined as “any process that lowers the current and potential capacity of soil to function and produce quantitative and qualitatively, goods and services, “and these are seen through the negative consequences of human activities such as the transformation of natural ecosystems to agricultural and livestock areas. In the region of Chamela Jalisco these changes are common, usually changing to dry tropical forest areas for cultivation and grazing. The process involves cutting of native vegetation for growing corn or grasses, however, the low productivity of these causes abandonment or the introduction of cattle in areas with secondary vegetation, leaving some plants grow natural regeneration. Cattle use disturbs the soil while vegetation favors some process and functions of the soil, but the management of each plot in this region, leads to variations in the intensity and frequency of grazing and vegetation type that is developed by what is important to assess the effect established plants, mostly woody trees, functions and soil quality. In this region was assessed the state of aggregation, root biomass, organic matter, microbial biomass, enzyme activity and concentration of N and P available in the soil. We explored how are changing variables between treatments with and without grazing and the presence of woody plants and without biomass, for 16 months for cattle use plots in a BTS of Mexico. Also, we evaluated the relationship of vegetation to soil properties and how they change with different types of management. For this we chose two plots (70x40) adjacent to the Station of Biology of Chamela Jalisco, with livestock use. In each treatment were established: Control (original management: grazing and woody permanence of natural succession), treatment with woody plants (excluding grazing and leaving woody) and free treatment of woody biomass (biomass cut and excluding grazing and leaving woody).

During this period very few statistically significant differences were found among treatments when comparing their effects on single soil properties. However, when considering all variables in a linear discriminant analysis, a progressive differentiation and separation of the treatments became evident. The variables contributing most to the separation of the treatments were identified and these were the microbial markers, ammonium and available P in the first sampling dates and microbial markers and β -glucosidase, invertase and casein-protease enzymatic activities (which were not measured in the first two) were the most important in the last sampling. Correlations between plant cover and soil variables measured such as soil aggregation, enzymatic activities and microbial markers were examined. Plots with natural regeneration showed positive relations between plant cover and most variables whereas grazed or cleared plots showed mainly negative relations in general. These results that, in the order listed, microbial markers, enzymatic activities, and available P, were good indicators of management effects on soil quality in the short term. However, it is clearly necessary to monitor these variables under longer term to better understand the effects of management on the biogeochemical processes of these soils.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Importancia del suelo en el ecosistema

El suelo es un recurso natural dinámico y vivo que constituye la interface entre la atmósfera, la litósfera, la biósfera y la hidrósfera, sistemas con los que mantiene un continuo intercambio de materia y energía. Esto lo convierte en una pieza clave del desarrollo de los ciclos biogeoquímicos superficiales y le confiere la capacidad para desarrollar una serie de funciones esenciales en la naturaleza de carácter ambiental, ecológico, económico, social y cultural (Porta, 2008).

El suelo proporciona los nutrientes, el agua y el soporte físico necesarios para el crecimiento vegetal y la producción de biomasa, desempeña un papel fundamental como fuente de alimento para los seres vivos; es un componente esencial del ciclo hidrológico, actúa como elemento distribuidor del agua superficial y contribuye al almacenaje y recarga del agua subterránea. Además, es el hábitat natural de organismos de todo tipo y constituye un elemento de reserva genética. También desarrolla un importante papel como fuente de materias primas; sirve de plataforma para el desarrollo de las actividades humanas como soporte de la estructura socioeconómica, forma parte del paisaje y del patrimonio cultural (Porta 2008).

1.2 Influencia de la vegetación sobre el suelo

Así como el suelo es el sustrato fundamental de subsistencia de las plantas, la vegetación a su vez interactúa e influye en la formación, características y procesos del suelo ya que el sistema planta-suelo funciona a través de entradas y salidas de energía (Chapin *et al.* 2002). Dentro de los aspectos relevantes de la presencia de la vegetación sobre éste destaca el aporte de materia orgánica, la protección contra la erosión, los deslizamientos y el arrastre. También la vegetación controla el escurrimiento superficial del agua, ayudando a su retención e infiltración en el subsuelo. De forma física la vegetación a través de las raíces contribuye de manera mecánica a la disgregación de las rocas. Las raíces finas ayudan en la estabilidad y la formación de los agregados en el suelo (Angers y Caron, 1998) estableciendo una dinámica en donde la vegetación puede actuar directamente sobre la estructura del suelo.

Las diferentes especies vegetales interactúan con el suelo estableciendo dinámicas particulares en la formación de la materia orgánica, diferenciándose en las cantidades y naturaleza de los residuos aportados. Esto crea ambientes rizosféricos que condicionan la actividad microbiológica en forma particular (Angers y Mehuys, 1990). La mineralización y el ciclo de nutrientes, dependen de la dinámica de descomposición de la materia orgánica (Hobbie, 1992), (figura 1). Aunado a esto la composición de la comunidad microbiana y la naturaleza de la matriz del suelo son los factores de los cuales depende la actividad enzimática (Schimel, 2001).

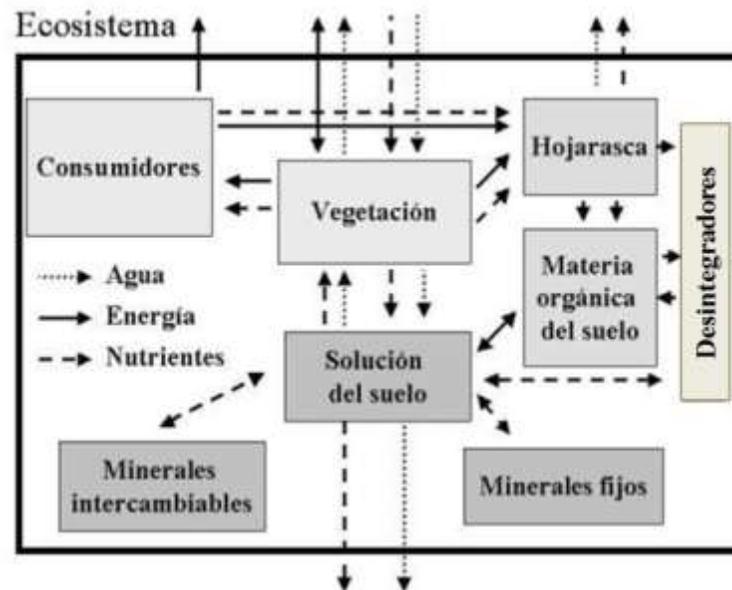


Figura 1. Modelo conceptual de la relación de la vegetación con los componentes del ecosistema (modificado de Aber y Melillo, 1991).

1.3 Calidad del suelo

El término calidad del suelo se refiere a la capacidad del suelo para funcionar, se incluyen atributos como la fertilidad y productividad potencial los cuales propician la sostenibilidad y calidad ambiental (Doran y Safley, 1997; Doran y Zeiss, 2000). De acuerdo con Larson y Pierce, (1994) un suelo se define con base a sus funciones y representa una combinación de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, de manera que un suelo de calidad debe:

- a) Proporcionar un medio adecuado para el crecimiento de las plantas así como para el desarrollo de la actividad biológica.
- b) Regular los flujos de agua que pasen a través de él.

- c) Ejercer un papel de filtro en la formación y destrucción de compuestos peligrosos para el medio ambiente.

Otra definición de calidad de suelo, aportada por Karlen *et al.*, (1997) dice que “calidad: es la capacidad del suelo para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o manejado, debe de tener la capacidad de sostener la productividad de plantas y animales, mantener o mejorar la calidad del aire y del agua, y sostener la salud humana y el hábitat”. En este trabajo se considerará el término calidad de suelo para acotar su evaluación integral en términos de su funcionamiento, aptitud y vulnerabilidad.

1.4 Indicadores de calidad de suelo

Para poder hacer una evaluación integral que refleje la calidad del recurso es necesario determinar variables medibles que reflejen el estado del suelo. Estas variables son indicadores, que representan una condición y conllevan información acerca de los cambios o tendencias de esa condición (Dumanski *et al.*, 1998). Hünne Meyer *et al.* (1997) establecieron que los indicadores deberían permitir: a) analizar la situación actual e identificar los puntos críticos con respecto al desarrollo sostenible; b) analizar los posibles impactos antes de una intervención; c) monitorear el impacto de las intervenciones antrópicas y ayudar a determinar si el uso del recurso es sostenible. Con este fin se han propuesto varias propiedades y atributos del suelo, en este trabajo se proponen algunas propiedades y procesos que se evaluarán como indicadores de su calidad.

Agregación del suelo

El proceso de agregación del suelo es resultado de la interacción de los minerales de arcilla con los cationes de valencia superior a uno, los cuales floculan. Como resultado, las partículas de arcilla se unen entre ellas para dar lugar a dominios de arcilla. Al interaccionar con la materia orgánica persistente (compuestos húmicos), originan uniones fuertes y forman microagregados estabilizados, al ser resistentes a la degradación microbiana. (Porta, 2008). Los microagregados, a su vez, interaccionan con la materia orgánica temporal (productos microbianos, subproductos de las plantas, gomas de polisacáridos, azúcares, entre otros) y con raíces finas y micelios de hongos. El resultado es la formación de macroagregados, cuya estabilidad dependerá del tipo de materia orgánica implicada y de la actividad microbiana. (Yamaguchi *et al.*, 2004). Ello hace necesaria la incorporación continua de materia orgánica para mantener la estabilidad de la macroestructura (Hernández-Hernández y López-Hernández, 2002).

La agregación del suelo se considera como un indicador que proporciona información acerca de la capacidad de este medio para funcionar en su calidad de componente básico del ecosistema (Martínez-Trinidad *et al.*, 2008) ya que el suelo, como cuerpo poroso, interviene en el transporte de líquidos, gases y calor; además, influye en procesos físicos, como la infiltración, aireación y erosión (Topp *et al.*, 1996). Adicionalmente, la agregación del suelo integra propiedades edafológicas (físicas, químicas y biológicas) que son fáciles de medir, sensibles a variaciones del clima y manejo; detecta cambios en el suelo como resultado de la degradación antropogénica (Seybold y Herrick, 2001). Por todo esto, se le considera como una herramienta para evaluar la calidad del suelo (Cammeraat e Imeson, 1998).

Materia orgánica

La mayoría de las funciones de los suelos están condicionadas por el tipo y cantidad de materia orgánica que contienen. La materia orgánica condiciona las propiedades físicas (tamaño de poros, estabilidad de la estructura, densidad aparente, movimiento del agua, pH, entre otras), e incide sobre la disponibilidad de nutrientes y en la actividad biológica del suelo. La disminución del contenido de materia orgánica va asociada a una degradación del terreno, por ello se ha considerado a la materia orgánica como un indicador de la calidad del suelo. (Tousend *et al.*, 1995; Hernández-Hernández *et al.*, 2007).

Un problema para medir las variaciones de materia orgánica debidas a cambios en el manejo del suelo es la alta variabilidad espacial de esta propiedad (Haynes y Beare, 1996). Sin embargo, el mayor problema de la materia orgánica es que los contenidos de carbono y nitrógeno totales de los suelos cambian lentamente, en especial si se comparan con cambios en otras propiedades como la actividad enzimática, y no proporcionan una indicación importante de los cambios a corto plazo. Duxbury *et al.* (1989) propone que para sitios de clima templado los almacenes de materia orgánica en la biomasa microbiana pueden tardar 2.5 años en regresar al suelo y los de materia orgánica lábil hasta 20 años dependiendo del aporte de residuos (Buganovsky *et al.*, 1994). Para climas tropicales se ha visto que el tiempo de descomposición de esta fracción es de menos de 30 años (Towsend *et al.*, 1995). Sin embargo es importante monitorear esta propiedad dada su relación con todas las demás funciones del suelo.

Biomasa de raíces

Las raíces finas en el suelo favorecen una mejor estructura del suelo, al propiciar la formación y estabilización de agregados (Angers y Caron, 1998) y a su vez propician un ambiente adecuado para la comunidad microbiana (Bethlenfalvay *et al.*, 1994) y son un aporte potencial y un almacén de nutrientes al suelo. La biomasa de raíces representa un aporte importante de materia orgánica al suelo y una fracción de la productividad primaria neta en varios ecosistemas como el bosque tropical seco (BTS) (Vogt *et al.*, 1986), para el BTS de Chamela, Jalisco, Martínez-Yrizar *et al.* (1996) reportan que el 43% de la productividad primaria neta corresponde a la productividad primaria subterránea y el 35% corresponde a la producción de raíces finas. Algunos autores han reportado que el sistema de raíces sufre efectos inmediatos desde el corte y derribo de la vegetación (Kleinmam *et al.* 1995), o ante eventos de degradación como la roza-tumba y quema (Castellanos *et al.*, 1997). Por lo anterior la biomasa de las raíces finas se puede relacionar con la calidad y la productividad del sistema y proporcionar información sobre la calidad del suelo.

Biomasa microbiana

Los microorganismos y su actividad son un factor ecológico fundamental en la formación del suelo. Los microorganismos participan en todos los procesos de transformación orgánica, y dichos procesos son fundamentales para la fijación, degradación, transformación o disponibilidad de muchos productos vitales para el desarrollo de plantas. (Porta y López, 2006). Adicionalmente, la biomasa microbiana ha sido propuesta como un indicador sensible de los cambios sufridos en la materia orgánica global ante diferentes situaciones de manejo (Pankhurst *et al.*, 1997; Filip, 2002; Anderson, 2003).

Priha *et al.* (2001) señalan que la biomasa microbiana, su actividad y estructura comunitaria, son influenciadas por diferentes especies arbóreas, debido a que la composición química de la hojarasca y de las raíces influye en la descomposición de las entradas orgánicas (Dighton *et al.*, 2000) y mineralización de nutrientes (John *et al.*, 2002). A su vez, los ecosistemas con una mayor biodiversidad generan una mayor diversidad catabólica de la comunidad microbiana del suelo (Nsabimana *et al.*, 2004).

Actividad enzimática

Las enzimas catalizan todos los procesos donde intervienen microorganismos en el suelo (Kandeler *et al.*, 1996), ya que son las mediadoras directas del catabolismo biológico de los componentes orgánico y

mineral de este, lo que las hace adecuadas como indicadores de la actividad biológica. Las enzimas presentes en el suelo provienen de animales, plantas y microorganismos (Tabatabai, 1994).

Generalmente se considera a los microorganismos como la principal fuente de enzimas en el suelo (Ladd y Butler 1972). La actividad enzimática ha sido utilizada como indicador de la productividad, medida indirecta de la biomasa microbiana, como potencial del suelo para descomponer distintos materiales orgánicos y para comparar efectos en la rizósfera (Tabatabai, 1993; Leiros, 2000; Dinesh 2004; Trasar-Cepeda, 2000). Las enzimas utilizadas con mayor frecuencia como indicadores de la calidad del suelo son las relacionadas con el ciclo del fósforo como las fosfatasa, con el ciclo del carbono como la β -glucosidasa, invertasa y celulasa. Y las relacionadas con el ciclo del nitrógeno, como las proteasas y la ureasa (Tabla 1).

Tabla1. Resumen de la función, origen y presencia en el suelo de enzimas hidrolíticas utilizadas como indicadores de la calidad del suelo.

	Actividad enzimática	Origen y presencia en el suelo	Función en el suelo y su estudio por otros autores.
Fosfatasa	Rompe enlaces éster-fosfatos de compuestos orgánicos que permiten la formación de moléculas de carácter inorgánico asimilables por las plantas.	Raíces de las plantas (Shaykh y Roberts, 1974), de hongos o de bacterias (Tarafdar y Claassen, 1988).	-Usado como índice de la disponibilidad de fosforo en ambientes naturales (Tabatabai, 1994; Reyes, 2002; Sandoval-Pérez <i>et al.</i> , 2009).
β-Glucosidasa	Cataliza la hidrólisis de β -D-glucopiranosido para liberar azúcares (glucosa) por lo que intervienen en el proceso final de degradación de la celulosa. (Alef y Nannipieri, 1995).	Animales, plantas, hongos y bacterias (Skujins, 1976); microorganismos heterótrofos, en particular miembros de los mucorales (hongos) como <i>Actinomucor sp.</i> y <i>Mortirella sp.</i> (Hayano y Tubaki, 1985).	-Degrada la celulosa en los suelos (Rastin <i>et al.</i> , 1988; Deboz <i>et al.</i> , 1999). -Se correlaciona con el contenido de carbono del suelo, (Deng y Tabatabai, 1996). -Representa el potencial del suelo para descomponer la materia orgánica (Caravaca <i>et al.</i> , 2002). -Representa una fuente potencial de energía para los microorganismos del suelo (Tabatabai, 1994). - Es Indicadora de los efectos a largo plazo de la fertilización en praderas (Ajwa <i>et al.</i> , 1999).
Invertasa	Rompe los fructofuranosidos como la sacarosa, la cual origina	De los microorganismos y de los exudados radicales (Ladd <i>et al.</i> , 1996).	-Su actividad se afecta con las prácticas de cultivo, la vegetación y la

	una molécula de (+) glucosa y otra de (-) fructosa.	Se encuentra unida a membranas y a fragmentos celulares.	materia orgánica (Ross, 1975; Leiros, 2000; Trasar-Cepeda, 2000).
Celulasa	Cataliza la hidrólisis de la celulosa, extracelularmente.	Hongos de los géneros: <i>Trichoderma</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Chaetomium</i> , <i>Fusarium</i> . Bacterias aerobias y anaerobias: <i>Cytophaga</i> , <i>Cellulomonas</i> , <i>Clostridium</i> y <i>Cellevibrio</i> , y algunos protozoos como: <i>Trychonympha</i> . (Eldor, 2007).	-Es indicador del Potencial para degradar la materia orgánica Deboz <i>et al.</i> , 1999), y se ha utilizado como índice de la calidad de suelos (Leiros <i>et al.</i> , 2000).
Ureasa	Cataliza la hidrólisis de urea a dióxido de carbono y amoníaco.	Animales, plantas superiores (Tabatabai, 1994) y microorganismos (Klose y Tabatabai (2000).	Directamente relacionada con el contenido de carbono orgánico del suelo explica el 92% de la variación de la actividad ureasa del mismo (Dick, 1994).
Proteasa-Caseína	Responsable de la descomposición progresiva del nitrógeno contenido en las proteínas a nitrógeno peptídico y finalmente a aminoácidos. (Ladd y Paul, 1973; Hayano, 1996)	Animales, micoorganismos y de residuos vegetales. Hayano (1996)	Condicionan la velocidad en el ciclo del nitrógeno en el suelo (Ladd y Paul, 1973; Hayano, 1996).
Proteasa-BAA	Hidroliza la N-Benzoil-L-arginina-amida (BAA) interviene en la hidrólisis de proteínas a amonio, concretamente, esta enzima actúa sobre péptidos sencillos	Animales y micoorganismos y en menor proporción, de residuos vegetales. Hayano (1996)	Asociada a enzimas inmovilizadas debido a su unión a la parte más evolucionada del humus (García-Izquierdo, <i>et al.</i> , 2003).

1.5 Degradación del suelo

Según FAO-PNUMA (1983), la degradación del suelo se puede definir como “todo proceso que rebaja la capacidad actual y potencial del suelo para producir, cuantitativa y cualitativamente, bienes y servicios”.

Estos procesos de degradación se perciben a través de las consecuencias negativas que se provocan en las propiedades del suelo: impactos biológicos, como la disminución del contenido en materia orgánica incorporada en el suelo; físicos, como el deterioro de la estructura del suelo por compactación y aumento de la densidad aparente, disminución de la permeabilidad y de la capacidad de retención de agua o pérdida de suelo por erosión; y químicos, como la pérdida de nutrientes, acidificación, salinización o sodificación.

La principal causa de degradación del suelo es debida a las actividades antropogénicas y al manejo que se le da, como por ejemplo el pastoreo de ganado en zonas con poca aptitud para esta labor.

1.6 Efecto del pastoreo en el ecosistema

El pastoreo modifica las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, y afecta los procesos hidrológicos, el ciclo de nutrientes y la producción vegetal (Whisenant, 1999; Beukes y Cowling, 2003; Tate *et al.*, 2000).

De acuerdo con Hart y Loveland (1989) los animales al pastar ejercen cuatro acciones fundamentales sobre el suelo.

- a) La defoliación de la hierba que reduce la capacidad fotosintética, lo que puede reducir el desarrollo radicular, el almacenamiento de carbohidratos y la fijación de nitrógeno.
- b) El pisoteo del ganado que daña el tejido de las plantas, incrementa la densidad del suelo y aminora la velocidad de infiltración de agua.
- c) La selectividad que afecta la predominancia y diversidad vegetal cuando el ganado elije alimentarse de una u otra especie
- d) La excreción que concentra las deyecciones del ganado en áreas pequeñas y afecta al ciclo de nutrientes, ya que debe tenerse en cuenta que el ganado tiene tendencia a frecuentar ciertas partes del terreno sobre otras.

Como consecuencia de estas acciones se produce un cambio en la abundancia y distribución de la microfauna y mesofauna del suelo (Bardgett *et al.*, 1999), lo que a su vez origina cambios en las propiedades bioquímicas del mismo.

1.7 Degradación del bosque tropical seco

Muchos de los ecosistemas naturales se transforman para uso agrícola o pecuario, lo que produce degradación ambiental (Trejo y Dirzo, 2000). El bosque tropical seco (BTS) es afectado por dicha transformación (Maass, 1995). Este tipo de ecosistema representa aproximadamente el 42% de las zonas tropicales del mundo (Murphy y Lugo, 1986), y se estima que tiene un área de 1,048,700 km² (Miles *et al.*, 2006). Al igual que otros ecosistemas, este ha sido degradado y fragmentado, se estima que la deforestación del BTS en Latinoamérica es más del 40% (Olson *et al.*, 2000). En México, el BTS forma una franja casi continua sobre la costa del Pacífico, con áreas mayores en el este de Jalisco y las

cuenas del río Balsas y Santiago (Rzedowski, 1978; Trejo y Dirzo, 2000). En 1990 sólo 27% de la cobertura original permanecía intacta, conservada como bosque secundario maduro, pero en ciertas regiones cerca del 60% de la vegetación original se ha perdido debido a la conversión del bosque a sitios agrícolas y de pastoreo (Flores y Gerez, 1994; Trejo y Dirzo 2002). Los disturbios y la fragmentación tienen como resultado una tasa de deforestación de aproximadamente 1.4% al año (Trejo y Dirzo, 2000).

Una de las áreas protegidas de BTS en México, es la reserva de la Biosfera de Chamela-Cuixmala (Ceballos y García, 1995), localizada en la costa de Jalisco, la cual consta de 13,142 ha de BTS. Alrededor de la reserva hay personas viviendo en Ejidos, las cuales por lo general utilizan terrenos que fueron de BTS para la agricultura o para pastorear ganado (Sánchez-Azofeifa *et al.*, 2009). Este tipo de transformación fue muy frecuente a finales de los sesentas y principios de los setentas (Regalado, 2000).

En estos sitios transformados la rápida degradación del suelo ocasiona que las parcelas abiertas no se puedan mantener en uso a largo plazo y se abandonen después de algunos años. (Burgos y Maass, 2004). De igual forma la carencia de agua limita el crecimiento vegetal y agrava la degradación del suelo (García-Oliva *et al.* 1994; García-Oliva y Maass 1998; Maass *et al.* 2002; García-Oliva *et al.* 2002), dificultando la regeneración de las especies vegetales nativas en áreas degradadas. Como resultado hay una pérdida de fertilidad y de actividad biológica en las áreas con más de 25 años de uso ganadero, adicionalmente hay evidencia de que tras este manejo, dichas áreas comienzan a recuperarse después de un largo tiempo bajo regeneración natural y después de cesar el pastoreo (Sandoval-Pérez 2007, Sandoval-Pérez *et al.*, 2009).

1.8 Pastoreo en la zona de Chamela, Jalisco

En estos sitios se establece una dinámica de perturbaciones que se da en tres etapas:

- 1) Roza tumba y quema. En esta etapa se eliminan con frecuencia los mecanismos de amortiguamiento del ecosistema y se alteran los procesos biogeoquímicos a tal grado que se establece una nueva dinámica de condiciones físicas, químicas y biológicas en los sitios transformados (Hughes *et al.* 2000; Maass, 1995). Hay una pérdida de nutrientes por el despojo de biomasa vegetal (Jaramillo, 1992).

2) Estación de crecimiento. En la segunda etapa se siembran pastos Guinea (*Pennisetum ciliare*) y zacate buffel (*Panicum maximum*). Anteriormente se sembraba maíz pero ahora es una práctica poco común (De Ita-Martínez y Barradas 1986). Lo más relevante de esta etapa, es que al estar el suelo desnudo es muy propenso a la erosión hídrica, el promedio anual de pérdida de suelo por erosión es de $6.525 \text{ MJ mm ha}^{-1}$ (García Oliva *et al.* 1995). Durante esta etapa también se da una pérdida importante de macroagregados del suelo, que afecta los mecanismos de protección de nutrientes (García Oliva *et al.* 1995). Otro aspecto importante que puede reducir la capacidad de protección de nutrientes en agregados del suelo es la reducción de la productividad de raíces finas en la pradera, ya que estas intervienen en su formación y promueven la actividad biológica (Martínez-Trinidad *et al.*, 2008). Castellanos (1997) reporta que la productividad de raíces finas en los primeros 5 cm de profundidad se redujo a la mitad en la pradera en comparación con la selva.

3) Pastoreo intensivo. Durante la etapa de pastoreo, las principales fuerzas de degradación son la compactación del suelo por el pisoteo del ganado y la erosión y degradación biológica del mismo (reducción de formas disponibles de carbono y reducción de biomasa microbiana). También se ve reducida la tasa de infiltración de agua y la susceptibilidad a la erosión hídrica. (García- Oliva y Maass, 1998).

La materia orgánica del suelo (MO) se reduce por el uso continuo de las parcelas (García-Oliva *et al.* 1994), la alta tasa de descomposición y la baja productividad de raíces (Castellanos, 1997). La reducción de carbono orgánico del suelo trae como consecuencia una reducción de la energía disponible para la actividad microbiana, la cual es fundamental en los procesos de disponibilidad de nutrientes.

1.9 Abandono de los sitios y sucesión natural

El abandono de estos lugares para pastoreo es común después de un tiempo como resultado de su ineficiencia para este tipo de uso, ya que se ha visto que bajo condiciones de manejo ganadero la erosión del suelo se acentúa y las características microambientales son muy adversas para el establecimiento de plantas (Burgosy Maass, 2004), sobre todo para el pasto.

Se ha observado que el proceso de sucesión en sitios abandonados da lugar a una vegetación secundaria poco diversa dominada por leguminosas con sólo 100 – 200 especies de árboles y arbustos de las más de 1200 especies reportadas por Lott, (2002) para la región (Romero-Duque *et al.*, 2007). Burgos y Mass (2004), describieron tres rutas de cambio en la vegetación, inducidas por las prácticas

agrícolas y de pastoreo, determinadas a su vez por la geomorfología (planicies, pendientes moderadas y crestas de cerros) del paisaje. En términos generales en una de estas tres rutas de cambio descritas por ellos para la región de Chamela, Jalisco, encontraron que si los pastos inducidos para la cría de ganado en pendientes se abandonan tras un ciclo de cultivo de pastos, el sistema tiene el potencial de regresar a su estado inicial (BTS). Sin embargo, si estos pastizales son abandonados después de varios ciclos de cultivo, en un periodo de tres años se desarrolla vegetación secundaria dominada por *Mimosa arenosa*, una especie de árbol espinoso. Este bosque con predominancia de *Mimosa arenosa* puede persistir hasta por 20 años si no se realiza ningún tipo de manejo (e.g. la remoción de la especie) que cambie su trayectoria hacia el estado inicial del sistema.

En la región es común ver tres tipos de manejo de los sitios de pastoreo, por un lado algunos propietarios mantienen ganado constantemente en las parcelas y realizan con frecuencia chaponeos (corte de vegetación), aplicaciones de herbicida y quemas, para detener la propagación de hierbas y plantas leñosas que desplazan a los pastos. Otros, al ir perdiendo productividad, mantienen los terrenos en un estado de semiabandono con introducciones irregulares de ganado, labores mínimas de chaponeo y quemas que cada cierto número de años clarean las parcelas para evitar que se enmonten (la vegetación nativa crezca demasiado) y se pierda por completo el pasto. Un tercer grupo de propietarios realmente abandona las parcelas y propiciando un proceso de regeneración natural. Estos escenarios ocasionan interrupciones diferenciales en la regeneración natural de la vegetación.

Por otro lado las plantas de la sucesión natural, en su mayoría, son percibidas como de poco provecho económico por la población de la zona. Sí bien algunas de las especies de plantas que se establecen en estos sitios son utilizadas para obtener postes, varas o guías para otros cultivos (Rendón-Carmona *et al.*, 2009), el uso por parte de los campesinos de estas especies de plantas, es restringido por su poco provecho maderable. Por lo tanto las prácticas de manejo son un factor importante que puede llevar al sistema a presentar cambios importantes en la diversidad de especies, composición y abundancia y esto conlleva a cambios en la dinámica de los procesos del ecosistema e incluso algunos servicios ecosistémicos (los beneficios que la sociedad recibe y obtiene de la naturaleza) (Daily, 1997; M.A., 2003).

2. JUSTIFICACIÓN

Ante las transformaciones ecosistémicas producidas por el pastoreo, es necesario conocer los efectos que tienen distintos tipos de manejo de suelo, sobre el mismo, a partir de una evaluación integral en términos de su funcionamiento, aptitud y vulnerabilidad para asegurar su calidad y sostenibilidad.

Además, en el BTS se desconoce el papel que juegan algunos grupos funcionales de plantas en los patrones de fertilidad o en la restitución de procesos del suelo que se afectan por el manejo, en sitios utilizados para el pastoreo de ganado vacuno. La pérdida de la cubierta vegetal por el cambio de uso de suelo, puede cambiar la composición y densidad de las especies presentes en el ecosistema, afectar su estructura y funcionamiento, tener efectos negativos sobre sus servicios ambientales y sobre su posible aprovechamiento sostenible e influir en los procesos y dinámica que se establece con el suelo (Hobbie, 1992).

Por lo anterior, el presente trabajo tiene la finalidad de evaluar de manera integral las condiciones edáficas en relación a las actividades de pastoreo (cuando éste se lleva a cabo y después de que se abandona el terreno) así como la vegetación en terrenos de pastoreo que presentan o no especies leñosas. Por otro lado evaluaremos si hay una relación entre la vegetación regenerada naturalmente y las condiciones del suelo según el tipo de manejo.

3. OBJETIVOS

Evaluar el efecto de las especies leñosas, en la recuperación natural de los suelos en dos parcelas usadas para el pastoreo de ganado, de la región de Chamela, Jalisco.

3.1 Objetivos particulares

- Medir: el estado de la agregación, la biomasa de raíces, la materia orgánica, la biomasa microbiana, la actividad enzimática y la concentración de N y P disponibles; en el suelo del sitio de estudio
- Hallar las variables del suelo que cambian en el corto plazo debido al tipo de manejo.
- Evaluar el efecto del tipo de manejo en las relaciones entre la cobertura vegetal y las propiedades del suelo.

4. HIPÓTESIS

- Se espera que los indicadores de calidad de suelo sean afectados por el pastoreo y el corte de la biomasa aérea de las leñosas, observándose una disminución de los mismos en los tratamientos donde existan estas condiciones experimentales.
- Las variables que sirvan como mejores indicadoras serán aquellas que cambien entre los tratamientos en el corto plazo, como la actividad enzimática y la biomasa microbiana.
- La cobertura vegetal tiene una relación directa con los procesos del suelo y se espera observar un desacoplamiento de esta relación debida por el pastoreo y el corte de leñosas, con respecto a los tratamientos donde no hay pastoreo y se dejan las leñosas.

5. MATERIALES Y METODOS

5.1 Sitio de estudio

Se ubicaron dos sitios con uso ganadero en la zona aledaña a la Estación de Biología de Chamela de la Universidad Nacional Autónoma de México, localizada dentro del municipio de La Huerta, en la costa de Jalisco (19°29' N, 105°01' W), (figura 2). El clima dominante de la región de acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García (1988) es Aw_{oi} , que corresponde a un clima cálido sub-húmedo, con una marcada estacionalidad, siendo el más seco de los tipos sub-húmedos. La precipitación promedio es de 788 mm, distribuida principalmente en cuatro meses (junio-octubre). La temperatura promedio es de 25°C con una variación de 5° (García-Oliva *et al.*, 2002). El patrón de distribución de los suelos de la región muestra Regosoles, Cambisoles, Litosoles y Faeozems, derivados de rocas ígneas intrusivas (Cotler *et al.*, 2002; Schaf, 2002).

Los pueblos rurales y ejidos comunales son muy comunes en esta zona (84% del municipio La Huerta), sin embargo, el paisaje está dominado por pastizales, cultivos y zonas de bosque bajo manejo (Rodríguez, 1999). El uso del suelo se caracteriza por una agricultura de temporal con labranza manual y tracción animal, el pastoreo se practica en la vegetación natural y praderas cultivadas (Bye *et al.*, 2002). Las geoformas dominantes son lomeríos de poca altura con pendientes entre 4° y 35° y las laderas tienen 50-160 m de elevación.

La vegetación corresponde a bosque tropical seco, con 1120 especies de plantas vasculares reportadas en la zona de la reserva de Chamela. Se caracteriza por tener árboles entre 4-15 m de altura, la gran mayoría de los cuales pierde sus hojas durante muchos meses al año (regulación por la escasez de agua).



Figura 2. Sitio de estudio, parcelas cercanas a la Estación de Biología de Chamela, Jalisco.

5.2 Historia de uso del suelo del sitio de estudio

Las dos parcelas utilizadas (Parcela 1: N 19°35.705', W 105° 02.501', Parcela 2: N 19°35.694', W 105°02.678'), tienen orientación sur, pendiente entre 18 y 20° e historia de uso similar (tabla 1) y ambas pertenecen al mismo dueño. Aproximadamente hace 20 años ambas tenían vegetación de selva baja, pero se cambió la vegetación original por el cultivo de maíz, obteniéndose varias cosechas de este cultivo. Posteriormente sembraron pasto e introdujeron vacas en los terrenos. Hace cinco años, cortaron la vegetación que crecía de manera natural (chaponeados) y desde entonces la vegetación ha seguido creciendo y el pastoreo ha continuado hasta la fecha. (Eloy Castro, propietario, en entrevista personal). Estas dos parcelas se eligieron por ser cercanas y tener la misma historia de manejo, para que fueran lo más parecidas posible, dado que en la región es difícil conseguir parcelas con características e historia de uso similar. La diferencia más evidente en las parcelas de estudio, es la vegetación: en la parcela 1 las plantas leñosas arbóreas tienen un área basal de 1.4 m² Ha y 3.1 m² Ha en la parcela 2. La sumatoria de las coberturas de herbáceas en 30 m² muestreados en la parcela uno ocupan 275 m², y en la parcela 2 de 258 m².

Previas caracterizaciones al sitio de estudio

Previo al establecimiento de tratamientos, se tomó una muestra compuesta de suelo de cada parcela y se hicieron determinaciones de C, N y P totales, fósforo disponible y pH. El C total se determinó con un

anализador de C (CM5012, UIC, Inc). El N y P total se determinaron después de digestión ácida con el método de semi-Kjeldahl y después con un autoanализador (Bran-Luebbe Auto Analyzer II, Norderstedt, Alemania) por colorimetría (Technicon Industrial System, 1977). El Fósforo disponible con el método de Olsen (1954) y el pH con potenciómetro, en una relación 1:10 con agua. (tabla2). Adicionalmente, se hizo la descripción de un perfil de suelo en cada parcela (ANEXO1) de acuerdo con el manual de Siebe *et al.*, (2006).

Tabla 2. Características fisiográficas y químicas del suelo de las parcelas en una previa caracterización del sitio de estudio.

Características fisiográficas	Parcela 1	Parcela 2
Exposición	Sur	Sur
Pendiente	20°	18°
Coordenadas	N 19°35.705´ W 105° 02.501´	N 19°35.694´ W 105°02.678
Altura	122 msnm	118 msnm
Tipo de suelo ¹	Haplic CAMBISOL, Distric, Densic.	Haplic CAMBISOL
Densidad aparente	1.1 gcm ⁻³	1.1 gcm ⁻³
Características químicas		
%Carbono total	1.4±0.04	1.6±0.07
%Nitrógeno total	0.13±0.007	0.17±0.009
Fosforo total µg g ⁻¹	691.1±67.9	926.4±50.9
Fosforo disponible µg g ⁻¹	8.2±0.01	23.9±3.8
pH	6.8	7.3

¹ La descripción completa de los perfiles de suelo y las hojas de campo se pueden ver en el anexo 1

5.3 Diseño experimental

En julio 2009 se delimitaron dos parcelas de 70 x 30 m con malla para impedir la entrada de ganado. Dentro de ella se marcaron dos parcelas de 10 x 10 m, donde se ubicaron al azar los tratamientos:

- 1) Tratamiento con leñosas, donde se dejaron las plantas leñosas establecidas de manera natural pero sin la entrada de ganado **CL**.
- 2) Tratamiento sin biomasa aérea de leñosas, donde se cortó la biomasa aérea de las leñosas, durante todo el experimento; y se excluyó el pastoreo **SL**.
- 3) Tratamiento testigo (manejo original), donde se dejaron las plantas leñosas establecidas de manera natural y el pastoreo: **TE**; colocado fuera de la cerca en un área marcada de 10x10 m.

La disposición de los tratamientos en las parcelas estudiadas se puede observar en la figura 3.

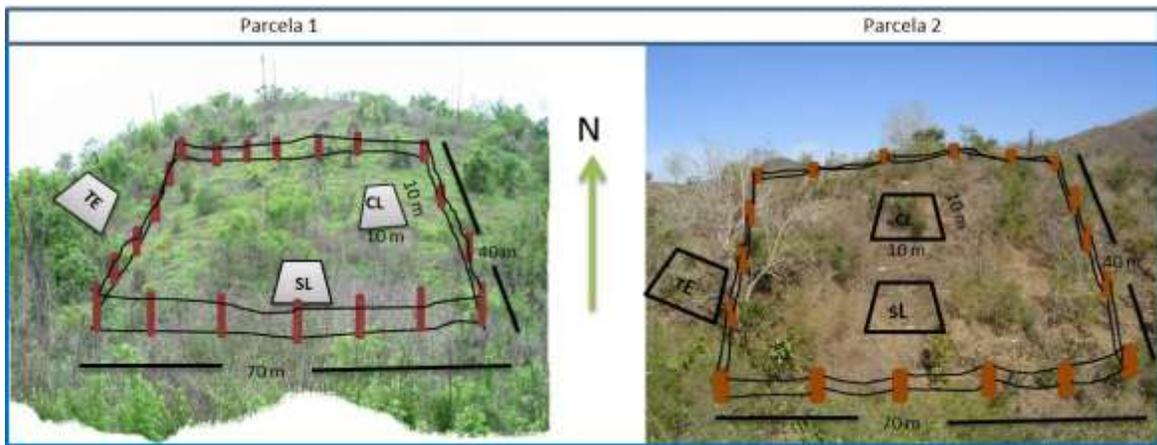


Figura 3. Disposición definitiva de los tratamientos en las dos parcelas de estudio.

5.4 Muestreos de suelo

Caracterización inicial

En el mes de octubre del 2009, tres meses después de iniciados los tratamientos y ya avanzada la época de lluvias, se tomaron 6 muestras de suelo de la zona con pastoreo (fuera de la cerca) y 6 muestras de la zona sin pastoreo (dentro de la cerca), las cuales fueron tomadas de la parte alta, media y baja de la ladera en las dos parcelas. Con ellas se hizo la primera caracterización de la calidad del suelo considerando propiedades físicas, químicas y biológicas en las dos áreas donde quedaron localizados los tratamientos. Este se consideró el tiempo inicial de referencia, ya que aún no se esperaban diferencias entre ellos.

Muestreo de suelo al tiempo uno

El 2009 registró lluvias hasta diciembre y nuevamente en marzo del 2010 por lo que no hubo un periodo largo de sequía como en la mayoría de los años (figura 4). Al final de la primera estación de lluvias después del establecimiento de los tratamientos (enero del 2010), se tomaron 10 muestras al azar dentro de cada cuadrante, en los primeros 15 cm de profundidad del suelo.

También se tomaron 9 muestras inalteradas de suelo, con cilindros de metal de 120 cm^3 , a una profundidad de 0-5 cm y de 5-10cm, en total 18 muestras por tratamiento, para medir densidad aparente y el porcentaje de agregados estables en agua

De cada una de las muestras de suelo, se separaron submuestras de 100 g que fueron mantenidas en refrigeración de las cuales se tomó una alícuota de 50 g que fue congelada y utilizada para los análisis de composición microbiana.

Muestreo de suelo al tiempo 2

Al final de la segunda temporada de lluvias (figura 4), después de establecidos los tratamientos, en Noviembre de 2010, se realizó el segundo muestreo de suelo por tratamiento. Se tomaron 10 muestras dentro de cuadrantes de 1x1m elegidos al azar (correspondientes a los cuadrantes del censo de vegetación herbácea), se tomaron con cilindros de metal de 120 cm³ a una profundidad de 0 a 5 cm y 10 muestras más a una profundidad de 5 a 10 cm, para determinar densidad aparente y porcentaje de agregados estables en agua. También se tomaron 10 muestras dentro de los mismos cuadrantes de 1x1 dentro de cada tratamiento, una profundidad de 15 cm de la superficie. De estas muestras se tomó una alícuota para mantener congelada para los perfiles de ácidos grasos y el resto se mantuvo en refrigeración.

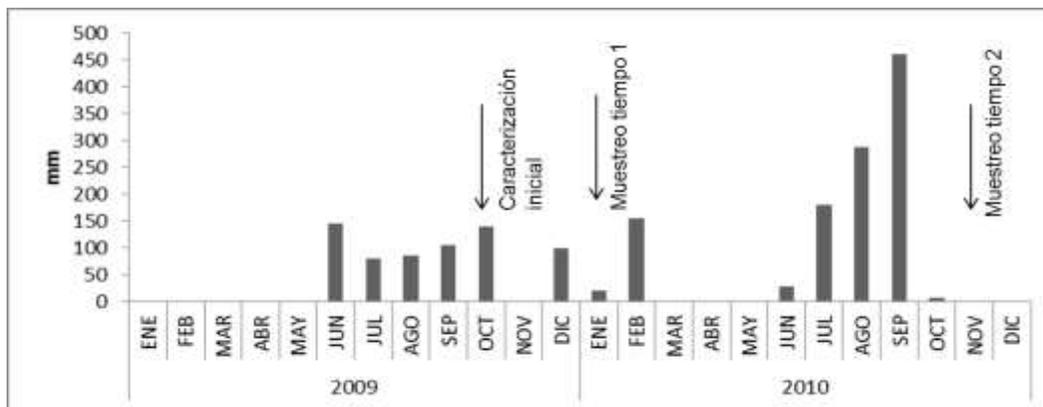


Figura 4. Patrón de distribución de lluvias en la región de Chamela Jalisco, en los años 2009 y 2010 (Estación meteorológica de la Estación de Biología de Chamela, UNAM.). Se señala con una flecha el mes al que corresponden, la caracterización inicial y los muestreos al tiempo 1 y 2.

5.5 Censos de Vegetación

Plantas leñosas.

Al inicio de la estación de crecimiento, tres meses después de establecidos los tratamientos (septiembre 2009), se levantó un censo de la vegetación dentro de cada cuadrante del tratamiento, considerando todas las plantas leñosas con un tallo mayor a 1 cm de diámetro. Se tomó la altura y el diámetro de los tallos a la altura de 1 m, se marcaron y etiquetaron, en la mayoría de los casos se identificaron (Anexol).

Plantas herbáceas.

El censo se realizó durante la segunda estación de crecimiento a partir de que se establecieron los tratamientos (septiembre de 2010). En cada cuadrante del tratamiento de 10x10 se eligieron

aleatoriamente, 10 cuadrantes de 1m^2 , se marcaron con la ayuda de un cuadrado de PVC, el cual se colocó sobre la vegetación herbácea y se cuantificaron las coberturas ocupadas en porcentaje, por especie, se colectaron ejemplares para comparar con ejemplares de herbario que en su mayoría fueron identificadas (Anexo I). También se determinó al área sin cobertura vegetal.

5.6 Mediciones climáticas

Para caracterizar el microclima de los sitios, se midió la intensidad lumínica con un ceptómetro el cual es un medidor de PAR (Photosynthetic active Radiation), esto se midió arriba del dosel, a 1m y a 20 cm del suelo, y se eligieron 5 puntos al azar dentro de cada tratamiento.

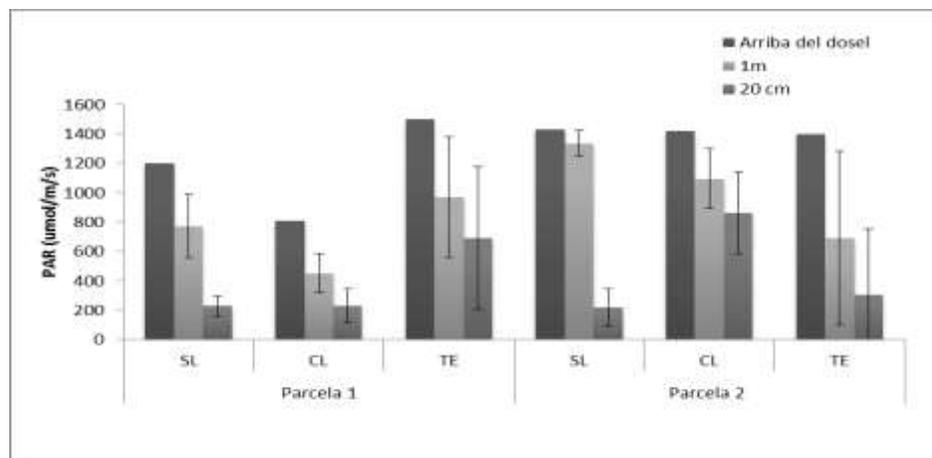


Figura 9. Intensidad lumínica dentro de los tratamientos, medida en PAR (se reporta el promedio de 5 mediciones hechas dentro de cada tratamiento y la desviación estándar de ellas, excepto la medición arriba del dosel que fue una sola medición). Finales de lluvias 24-25 Septiembre 2010. SL= sin biomasa aérea de leñosas, CL= con leñosas sin pastoreo y TE= con leñosas y con pastoreo.

Con un sensor HOBO Micro Station Logger (H21-002), se midió la temperatura del suelo, manteniéndolo dentro del mismo por 15 min en medio de cada tratamiento. La humedad se midió de manera gravimétrica, registrando el peso húmedo y secando a 105°C hasta obtener el peso constante, de 10 muestras obtenidas de cada tratamiento en cuatro ocasiones a lo largo del año (enero, marzo, junio y noviembre 2010).

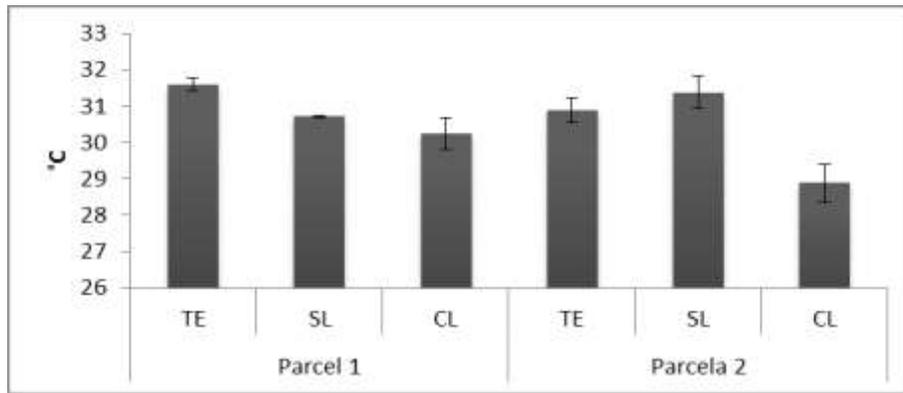


Figura 10. Temperatura del suelo al final de lluvias 25-26 Septiembre 2010. Se reporta el promedio y la desviación estándar. TE: con pastoreo con leñosas, SL: sin biomasa aérea de leñosas sin pastoreo y CL: con leñosas sin pastoreo.

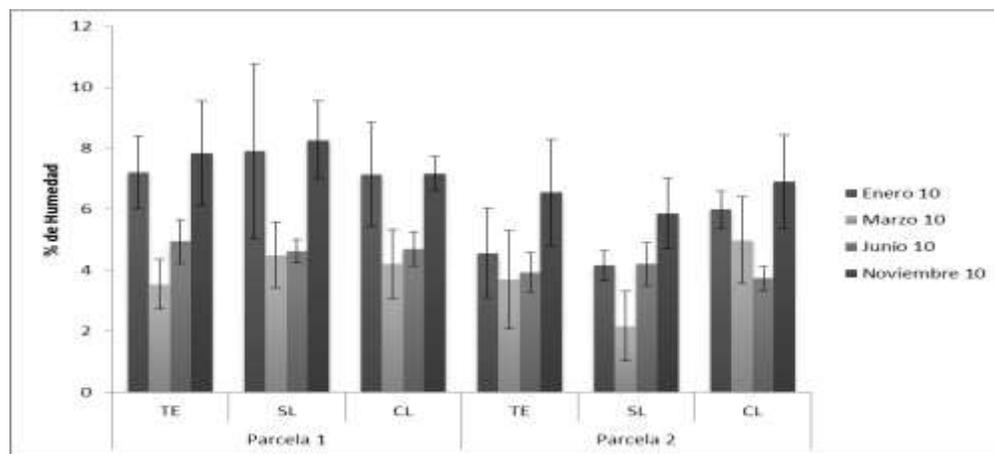


Figura 11. Porcentaje de humedad en enero, marzo, junio y noviembre 2010. Se reporta el promedio y la desviación estándar. TE=con leñosas con pastoreo, SL=sin biomasa aérea de leñosas y sin pastoreo y CL= con leñosas sin pastoreo.

5.7 Medición de variables en muestras de suelo

A las muestras procedentes de la caracterización inicial y del muestreo al tiempo uno y dos, se les determinaron las siguientes variables:

Variables físicas:

El porcentaje de macroagregados estables en agua >1mm de 0a 5 cm y de 5 a 10cm de profundidad (Cotler y Ortega-Larrocea, 2006), con el método de Hallett *et al.* (2009) modificado.

La densidad aparente: (d.a.) se midió mediante una determinación gravimétrica usando muestras inalteradas con cilindros de metal de 120 cm³, Baver, (1973).

Variables químicas:

Se estimó el porcentaje de materia orgánica (Walkley y Black, 1947). La concentración de las formas inorgánicas disponibles de N (NH₄⁺ y NO₃⁻) fueron extraídas con KCl 2N, los extractos se filtraron a través

de un papel Whatman No. 1 y fueron determinados por colorimetría con un Autoanalizador III Bran+Luebbe (Technicon Industrial System 1977). Las concentraciones de P disponible (PO_4^+) se obtuvieron usando una solución extractora Mehlich III y filtración seguida de una medición por colorimetría con el mismo autoanalizador.

Características de la actividad biológica dentro del suelo:

Se determinó la actividad de la enzima fosfatasa, en suelo previamente molido y por duplicado, como se describe en Sandoval-Pérez, (2007). La composición y abundancia de grupos funcionales microbianos se examinó con los perfiles de ácidos grasos de célula completa (FA) obtenidos con el método de Sasser (1990) de las muestras de suelo congeladas. Los FA's extraídos, se determinaron por cromatografía de gases (Mass selective detector, Agilent 6890) usando helio como acarreador y el ácido graso 19:0 como estándar interno en concentración conocida. Después de identificar los compuestos con base en el tiempo de retención con respecto a una batería de estándares de ácidos grasos y de hacer las correcciones de eficiencia de la extracción, se eligieron los mejores marcadores en función de su abundancia y detección consistente en la mayoría de las muestras. Los marcadores elegidos para indicar la abundancia de cada grupo microbiano fueron: 15:0 iso (bacterias Gram-), 15:0:14 metil (Actinobacterias), 16:1 ω 7 (bacterias Gram+), 16:1 ω 5 (hongos micorrízicos arbusculares) (Olsson *et al.*, 2000), 16:0 (abundancia microbiana), 18:2 ω 6,9 y 18:1 ω 9 (hongos saprófitos) de acuerdo con las evaluaciones de Frostegård y Bååth, (1996) y Hogberg *et al.* (2006).

La biomasa de raíces finas se determinó separándolas manualmente con pinzas de una muestra 120 cm^3 de suelo (este volumen de suelo se tomó con cilindros de metal en el campo, a dos profundidades 0 a 5 y de 5 a 10 cm) después lavándolas y secándolas (60°), para registrar el peso seco. No se encontraron raíces gruesas, solamente raíces finas (<1mm de diámetro).

Variables del muestreo al tiempo 2

Las muestras procedentes del muestreo al tiempo 2, fueron procesadas de igual manera que las muestras procedentes de la caracterización inicial y el primer muestreo, en cuanto a las características físicas químicas y biológicas, pero a diferencia de las anteriores, en estas muestras se determinó además la actividad enzimática de 6 enzimas, la biomasa microbiana y se separó una fracción más de agregados >250 μm .

Se determinó la actividad de algunas enzimas hidrolíticas relacionadas con el ciclo del carbono y nitrógeno. Con muestras de suelo tamizadas con malla de 2mm, utilizando un blanco por muestra y cada muestra medida por triplicado. Enzimas relacionadas con el ciclo del carbono: β -glucosidasa (Eivazi y Tabatabai, 1988), CM-Celulasa e Invertasa (Schiner y von Mersi, 1990). Ciclo del nitrógeno: Ureasa (Nannipieri *et al.*, 1980), proteasa BAA (Ladd y Buttler, 1972) con electrodo de amonio y Proteasa caseína (Ladd y Buttler, 1972; descrito en Nannipieri *et al.*, 1979).

Se determinó la biomasa microbiana total por el método de fumigación con cloroformo y extracción. (García-Izquierdo *et al.* 2003). Esto se realizó en una muestra compuesta de cada tratamiento, por lo que se obtuvo un valor por tratamiento.

La fracción de agregados >250 μ m se determinó separándola de las muestras colectadas con tubos de metal a dos profundidades de 0 a 5 y de 5 a 10 cm de profundidad, con el método de Hallett *et al.* (2009) modificado.

5.8 Análisis de resultados

Tendencias en la calidad del suelo debida al manejo

Para todos los datos obtenidos se realizaron pruebas de normalidad (Kolmogorov-Smirnov & Lilliefors test normality), utilizando el programa STATISTICA 7. En el caso de la variable porcentual de materia orgánica, se transformaron mediante la fórmula $\sqrt{\arcsen x\%/100}$.

Datos procedentes de la caracterización inicial.- Para establecer las diferencias en las condiciones iniciales del estudio, entre las parcelas 1 y 2 se realizaron pruebas t-Student para cada variable, sólo se consideró el factor parcela, ya que en este momento del estudio tenían muy poco de establecidos los tratamientos. Los análisis se realizaron con el paquete estadístico R (versión 2.11.1, 2010-05-31).

Datos del muestreo al tiempo uno y dos.- Se puso a prueba la hipótesis de diferencia entre los tratamientos por cada variable, mediante una prueba de ANOVA de una vía (n=2 parcelas, con los valores promediados de 10 puntos para cada tratamiento y con un nivel de significancia $p < 0.05$); seguido de una prueba post-hoc de Tukey, para las variables que mostraron diferencias. Dado que los datos no

cumplían con el supuesto de homogeneidad de varianzas fueron transformados a logaritmo previo al análisis (STATISTICA 7.0).

Para los datos del tiempo 1 y del tiempo 2, después de 6 y 16 meses de iniciados los tratamientos, se realizó un análisis multivariado de discriminantes lineales. Este análisis permite determinar si existen diferencias significativas entre los perfiles del conjunto de variables de dos o más grupos definidos *a priori*, como es el caso de nuestro estudio. Lo utilizamos para determinar cuáles de las variables independientes cuantificaron mejor las diferencias entre un grupo y otro (Gotelli, 2004), en este caso los grupos son los diferentes tratamientos. Estos datos que tienen unidades distintas, fueron transformados para su análisis mediante transformación zeta, para estandarizarlos con la fórmula: $(i - \mu)/\delta$, donde i =dato, μ = media y δ = desviación estándar. Cabe mencionar que previamente se realizó el análisis usando una transformación log para la estandarización y el resultado fue igual al reportado aquí con la transformación zeta. Se utilizó el paquete estadístico R (versión 2.11.1, 2010-05-31).

Efecto del manejo en las relaciones entre la cobertura vegetal y algunos procesos del suelo.

La estructura de la vegetación con tipo de crecimiento herbáceo y leñoso.- Se calculó la abundancia, frecuencia y dominancia relativa esta última se calculó con el área basal en el caso de leñosas, y con la cobertura por especie en el caso de las herbáceas y con estos valores se calculó el índice de valor de importancia de las especies encontradas en estas parcelas. Con cada valor de % de cobertura se estimó el área ocupada con respecto al m^2 muestreado y se sumaron todos los valores de las especies presentes tanto de herbáceas como de leñosas de cada cuadrante de $1 \times 1m$ para tener un dato de área de cobertura de cada punto, (cobertura vegetal m^2) por lo tanto la suma de todas las coberturas puede resultar más de $1m^2$.

Relación entre la cobertura vegetal y las propiedades del suelo.- Se calculó el coeficiente de correlación (Pearson) entre la variable cobertura de vegetación (suma del área de las coberturas aéreas de herbáceas y leñosas totales de cada punto muestreado) y las variables de los parámetros del suelo, por tratamiento y por cada parcela. Se consideró como valor crítico $r \geq 0.20$ ($r = \sqrt{t^2/n-2+t^2}$, Soper, (2012)) como correlación alta y el sentido de la correlación (positiva o negativa). Todos los datos fueron estandarizados mediante la transformación zeta. El análisis se realizó con el programa STATISTICA 7.

Se analizaron las correlaciones lineales entre la actividad enzimática y los nutrientes disponibles. En los programa Microsoft Excel 2010 y STATISTICA 7.0.

6. RESULTADOS

6.1 Tendencias en la calidad del suelo debida al manejo

Caracterización inicial.

En la tabla 3 se pueden ver las variables físicas, químicas y biológicas medidas en el suelo de la caracterización inicial (octubre 2009) que permitieron establecer las condiciones de partida del suelo en el sitio de estudio. Se encontraron diferencias en la concentración de PO_4^- , ($t=3.33$, $p=0.0075$) y la concentración más alta se registró en la parcela 2. Las demás variables no mostraron diferencias significativas entre parcelas.

Tabla 3. Condiciones de las variables del suelo al inicio del estudio. Se reportan los valores promedio y su desviación estándar. Únicamente la concentración de PO_4^- mostro diferencias significativas entre las parcelas ($p<0.05$ *).

Variable	Profundidad	Parcela 1	Parcela 2
%Agregados > 1mm	0 a 5 cm	13.7±4.3	8.30±3.3
%Agregados > 1mm	5 a 10 cm	4.3±2.1	11.0±3.4
Raíces ¹ 0-5cm de	0 a 5	0.48±0.30	0.25±0.08
Raíces ¹ 5-10cm de	5 a 10	0.14±0.08	0.56±0.30
%M.O		2.8±0.6	2.1±0.4
Fosfatasa ³		2.30±0.23	2.27±0.21
Amonio (NH_4^+) ²		8.6±2.6	10.4±4.1
Nitrato (NO_3^-) ²		8.4±1.5	11.2±4.5
Ortofosfatos (PO_4^{3-}) ²		8.2±4.3*	26.1±11.8*
Gram+ 15:0iso ⁴		1.88±0.58	1.86±0.65
Actinobacterias ⁴		1.73±0.37	1.60±0.66
Gram- 16:1w7 ⁴		0.70±0.55	0.53±0.39
Micorrízicos ⁴		0.34±0.14	0.18±0.126
Microbios 16:0 ⁴		3.27±1.37	2.43±0.94
Saprotrofos 18:2e6,9 ⁴		1.19±0.87	0.77±0.37

¹ mg g⁻¹, ² μg g⁻¹, ³ μmol pNF/g-1h⁻¹, ⁴ nmol g⁻¹

Propiedades físicas químicas y biológicas del suelo al tiempo uno y dos

Los datos de las propiedades físicas químicas y biológicas del suelo en el tiempo uno se presentan en la tabla 4, reportando los valores promedio y su desviación estándar. La prueba ANOVA de una vía ($p<0.05$) sólo mostró diferencias significativas entre los tratamientos en la concentración de ortofosfatos

(F=7.49, p=0.0012), la prueba de Tukey (p<0.05) mostro diferencias entre los promedios de los tres tratamientos (TE=36.68, SL=30.1 y CL=29.4)



Tabla 4. Variables medidas en suelo procedentes del muestreo al tiempo 1 (Enero 2010). Se reportan los promedios y la desviación estándar. TE=con leñosas con pastoreo, SL= sin biomasa aérea de leñosas, sin pastoreo, CL= con leñosas sin pastoreo. La concentración de PO_4^- mostro diferencias significativas entre los tratamientos (p<0.05 *).

Variables	1TE	1SL	1CL	2TE	2SL	2CL
% Agregados> 1mm 0 a 5 cm	12.4±8.5	14.8±7.9	12.4±6.8	5.2±2.2	9.7±4.6	11.1±4.7
% Agregados> 1mm 5 a 10 cm	11.2±7.8	10.7±27.9	11.9±6.2	5.5±15.3	11.6±5.8	8.9±11.9
Densidad ⁵	1.1±0.45	1.1±0.23	1.1±0.07	1.1±0.01	1.0±0.1	1.0±0.1
% M.O	3.7±0.7	3.0±0.2	2.3±0.7	3.1±1.1	3.0±0.6	3.2±0.2
Raíces ¹ 0-5	0.27±0.33	0.28±0.26	0.90±0.26	0.30±0.35	0.53±0.65	0.34±0.21
Raíces ¹ 0-5	0.37±0.50	0.26±0.32	0.26±0.17	0.26±0.30	0.38±0.49	0.14±0.08
Fosfatasa ³	2.68±0.46	3.07±0.09	3.18±0.62	2.58±0.39	3.27±0.33	2.58±0.30
Amonio ²	4.8±2.0	6.5±1.4	4.1±1.1	5.8±3.7	13.2±4.3	3.1±0.9
Nitrato ²	4.1±2.7	3.7±0.9	4.8±2.6	4.3±2.4	5.6±1.2	3.7±1.6
Ortofosfatos ²	23.1±10.8a	8.0±4.0b	38.0±12.2c	50.2±9.3a	52.3±19.6b	20.8±9.3c
Gram+ 15:0iso ⁴	3.8±1.9	1.3±0.57	3.6±1.7	2.6±1.0	3.5±2.5	2.0± 1.0
Actinobacterias ⁴	4.9±2.4	1.3±0.6	4.4±2.9	2.6±1.1	3.2±1.4	2.2±0.6
Gram- 16:1w7 ⁴	3.0±1.9	0.8±0.4	2.7±2.1	1.4±0.9	2.2±1.1	0.8±0.3
Micorrizicos ⁴	1.9± 1.6	0.4±0.2	1.2±0.7	0.6±0.3	0.8±0.5	0.4±0.4
Microbios16:0 ⁴	11.8±6.2	3.2±1.2	9.0±5.3	5.7±1.9	8.6±3.9	3.8±1.4
Saprotrofos 18:2e6,9 ⁴	4.3±2.1	1.8±0.9	4.7±2.9	3.3±1.7	4.3±0.4	1.8±1.2

¹ mg g⁻¹, ² µg g⁻¹, ³µmol pNF/g-1h-1, ⁴ nmol g⁻¹, ⁵ g cm⁻³ (a,b,c)=diferencias entre los tres tratamientos. Tukey (p<0.05)

Los valores de las propiedades físicas químicas y biológicas del suelo en el tiempo 2 se presentan en la tabla 5, reportando los promedios y desviación estándar, la prueba ANOVA de una vía (p<0.05), mostro diferencias significativas entre los tratamientos en la materia orgánica (F=3.83, p=0.02), ortofosfatos (F=3.28, p=0.04), la actividad de las enzimas β -glucosidasa (F=1.80, p=0.0001), invertasa (F=3.3, p=0.04), ureasa (F=3.2, p=0.04), proteasa-BAA (F=15.5, p=0.00004) y proteasa caseína (F=9.0, p=0.0003).

Tabla 5. Variables medidas del suelo procedente del segundo muestreo (Nov. 2010). Se reportan los promedios y las desviaciones estándar. TE=con leñosas con pastoreo, SL=sin biomasa aérea de leñosas sin pastores, CL=con leñosas sin pastoreo.



Variables	Parcela 1			Parcela 2		
	TE	SL	CL	TE	SL	CL
%Agregados> 1mm 0-5	12.5±5.2	9.9±6.1	12.1±6.8	11.5±8.4	16.0±9.8	10.7±5.7
%Agregados> 250µm 0-5	23.2±6.3	18.7±4.2	18.6±10.2	22.5±5.6	19.8±6.2	23.3±9.4
%Agregados> 1mm 5-10	8.8±5.3	3.8±2.7	9.9±6.1	12.2±9.7	15.1±8.8	8.4±4.5
%Agregados> 250µm5-10	27.2±13.2	21.3±6.9	19.2±8.5	22.2±8.7	22.8±7.7	26.4±6.4
Densidad aparente	1.0±0.1	1.2±0.2	1.0±0.1	1.1±0.3	1.0±0.2	1.0±0.4
%M.O	3.8±0.6a	2.7±0.8b	3.4±0.6a	3.1±0.6a	3.3±0.7b	4.7±0.4a
Raíces ¹ 0-5	0.70±0.63	0.89±0.48	0.46±0.16	1.00±0.54	0.72±0.49	0.31±0.25
Raíces ¹ 5-10	0.48±0.3	0.32±0.29	0.49±0.3	0.48±0.17	0.50±0.36	0.32±0.24
Fosfatasa ³	1.65±1.00	1.30±0.61	1.45±0.97	1.72±1.19	1.89±1.38	2.14±0.98
Amonio ²	5.6±1.8	6.4±2.2	9.0±4.4	8.1±5.4	6.0±1.5	8.0±3.5
Nitrato ²	4.4±1.6	4.1±1.2	4.5±1.6	3.8±2.0	4.7±3.1	9.3±5.1
Ortofosfatos ²	20.4±4.7a	11.7±4.4b	14.3±6.1a	25.5±8.4a	34.3±13.7b	49.3±15.7a
Gram+ 15:0iso ⁴	4.6±1.4	6.1±7.5	3.0±0.6	6.0±2.2	5.3±2.2	6.4±2.6
Actinobacterias ⁴	3.4±1.1	4.0±4.3	2.0±0.4	4.1±1.3	3.7±1.6	4.4±1.9
Gram- 16:1w7 ⁴	2.5±0.9	2.7±2.8	1.6±0.5	2.6±0.8	2.8±1.5	3.1±1.2
Micorrizicos ⁴	1.9±1.1	3.3±5.1	1.8±0.9	2.5±1.3	2.2±1.3	2.2±1.0
Microbios16:0 ⁴	11.1±4.6	12.7±1.46	6.8±1.5	12.0±3.8	11.4±5.1	12.5±5.0
Saprotrofos 18:2e6,9 ⁴	7.5±3.0	6.7±5.4	4.9±1.2	6.7±2.4	7.3±3.7	7.9±3.4
β-Gluco ⁵	0.69±0.21a	0.49±0.08b	0.38±0.12c	0.55±0.10a	0.98±0.14b	0.56±0.15c
Celulasa ⁶	0.06±0.47	0.04±0.03	0.03±0.02	0.08±0.03	0.12±0.04	0.09±0.02
Invertasa ⁶	5.40±0.30ab	4.20±0.70a	4.11±1.15ac	3.75±0.81ab	5.48±0.68a	4.27±0.94ac
Ureasa ⁷	8.80±0.40a	7.97±2.15b	5.84±1.89c	6.86±1.78a	4.92±1.57b	6.84±2.60c
Proteasa-BAA ⁷	10.51±0.71a	7.46±0.89b	5.71±2.12a	9.68±1.51a	7.08±1.58b	7.81±2.69a
Proteasa-Caseína ⁸	0.46±0.06a	0.34±0.25b	0.25±0.07c	0.35±0.10a	0.34±0.18b	0.13±0.06c
Biomasa microbiana ⁹	562±92	394±69	486±96	486±31	520±38	519±216

¹ mg g⁻¹, ² µg g⁻¹, ³ µmol pNF/g-1h-1, ⁴ nmol g⁻¹, ⁵ µmol PNP g-1 h-1, ⁶ µg g-1, ⁶ µmol Glu. g-1h-1, ⁷ µmol NH3 g-1 h-1, ⁸ µmol tirosina g-1 h ⁹mg C kg-1 ss. a,b,c = diferencias entre tratamientos. Prueba Tukey (p<0.05).

Al llevar a cabo un análisis de discriminantes lineales (LDA) del tiempo 1 (figura 5), utilizando todos los datos de la tabla 4 como discriminantes, encontramos una diferenciación entre los tratamientos TE, CL y SL de la parcela 1 (figura 4). Las variables que agrupan al 99% de los datos con 1% de error, fueron los ácidos grasos marcadores de microbianos totales, bacterias gram+, gram-, actinobacterias y hongos saprótrofos; la materia orgánica (%MO), el amonio y el fósforo disponible. Los coeficientes de discriminación dan como resultado las siguientes ecuaciones:

$$D1 = -1.1(\text{MO}) - 0.20(\text{amonio}) + 1.06(\text{fósforo}) + 2.2(\text{gram+}) - 0.29(\text{actinobacterias}) + 3.28(\text{gram-}) - 4.7(\text{microbianos}) - 1.10(\text{saprótrofos}).$$

$$D2 = 0.66(\text{MO}) - 0.38(\text{amonio}) + 0.98(\text{fósforo}) - 1.90(\text{gram+}) + 0.28(\text{actinobacterias}) - 2.89(\text{gram-}) + 4.40(\text{microbianos}) + 0.48(\text{saprótrofos}).$$

En análisis de discriminantes lineales de la parcela 2 para el tiempo 1 (figura 5), encontramos una diferenciación de los tratamientos TE, SL y CL. Las variables, % de agregados >1mm de 0-5cm de profundidad, concentración de amonio, fósforo y los FA's indicadores de bacterias gram+, actinobacterias y Gram-, hongos micorrízicos y saprótrofos y microbianos totales; agruparon el 99% de los datos con un error del 1%. Los coeficientes de discriminación dan como resultado las siguientes ecuaciones.

$$D1 = 0.51(\text{agregados0-5}) - 0.04(\text{amonio}) - 0.54(\text{fósforo}) - 0.070(\text{gram+}) + 2.03(\text{actinobacterias}) - 2.12(\text{gram-}) + 1.47(\text{micorrízicos}) - 2.91(\text{microbianos}) + 0.80(\text{saprótrofos})$$

$$D2 = -0.98(\text{Agregados0-5}) - 0.85(\text{amonio}) + 0.93(\text{fósforo}) - 3.00(\text{gram+}) + 0.58(\text{actinobacterias}) + 0.24(\text{gram-}) + 1.42(\text{micorrízicos}) - 0.56(\text{microbianos}) + 0.98(\text{saprótrofos}).$$

El análisis de discriminantes lineales del muestreo al tiempo dos, utilizando los datos de la tabla 5, muestra una diferenciación clara de los tratamientos 1= TE, 2=SL y 3=CL. En la parcela 1 (figura 5) las variables que agrupan la mayoría de los datos son: Ácidos grasos marcadores de bacterias gram(+), gram(-) y actinobacterias, hongos micorrízicos y saprótrofos, y los microbianos totales; también los microagregados >250µm de profundidad de 0 a 5 cm, la actividad de la celulasa, caseína y β-glucosidasa. Estas diez variables agrupan el 95% de los datos, con una taza

de error aparente del 5%. Utilizando estos coeficientes de discriminación, obtenemos las ecuaciones:

$$D1 = -3.9(\text{Gram}+) + 2.8 (\text{Actino}) - 1.4(\text{Microbios}) + 2.1(\text{micorrízicos}) + 0.06 (\text{celulasa}) - 1.44(\beta\text{-gluco}) + 0.44(\text{caseína}) - 0.2(\text{microagregados}>250\mu\text{m}) - 0.8(\text{saprótrofos}) + 1. (\text{gram-}).$$

$$D2 = 8.4 (\text{Gram}+) - 10.1 (\text{actino}) - 4.0 (\text{microorganismos}) + 2.1 (\text{micorrízicos}) - 0.3 (\text{celulasa}) + 0.8 (\beta\text{-gluco}) + 0.2 (\text{caseína}) - 0.2 (\text{agregados}>250\mu\text{m}) + 0.5 (\text{saprótrofos}) + 2.4 (\text{gram-})$$

En la parcela 2 (figura 5), en el muestreo al tiempo 2 los mejores discriminantes fueron los ácidos grasos marcadores de bacterias gram(+), gram(-), actinobacterias, hongos saprótrofos, y microbianos totales; también la actividad enzimática de la celulasa y la invertasa; la concentración de ortofosfatos y la cantidad de microagregados >250µm de 0 a 5 cm de profundidad. Estas nueve variables agrupan el 93% de todos los datos, con una tasa de error aparente del 7%. De estos coeficientes de discriminación obtenemos las ecuaciones:

$$D1 = -4.3(\text{gram}+) + 0.6(\text{gram-}) + 4.2(\text{actino}) + 0.8(\text{saprótrofos}) + 0.2(\text{agregados}>250\mu\text{m}) - 1.5 (\text{microbianos}) + 1.5(\text{invertasa}) + 0.1 (\text{celulasa}) + 0.9(\text{ortofosfatos})$$

$$D2 = 1.8(\text{gram-}) + 0.4(\text{gram-}) - 0.2(\text{actino}) - 3.2(\text{saprótrofos}) + 0.4(\text{agregados}>250\mu\text{m}) - 1.0 (\text{microorganismos}) - 0.2(\text{invertasa}) + 0.2 (\text{celulasa}) + 0.2(\text{ortofosfatos})$$

En el análisis de discriminantes lineales del primer muestreo observamos una separación de los tratamientos dada principalmente por los microorganismos, el amonio, y el fosforo en el eje principal, estos separaron el 52% de la variación de los datos con un rango de amplitud en el discriminante que va de -4 a 4 en la parcela 1 y de -4 a 2 en la parcela 2. En el siguiente muestreo, la amplitud de las escalas va del -10 al 10 y para el mismo eje clasifica el 70% de la varianza de los datos, así mismo se incrementó la diferencia lineal entre los tratamientos (figura 5).

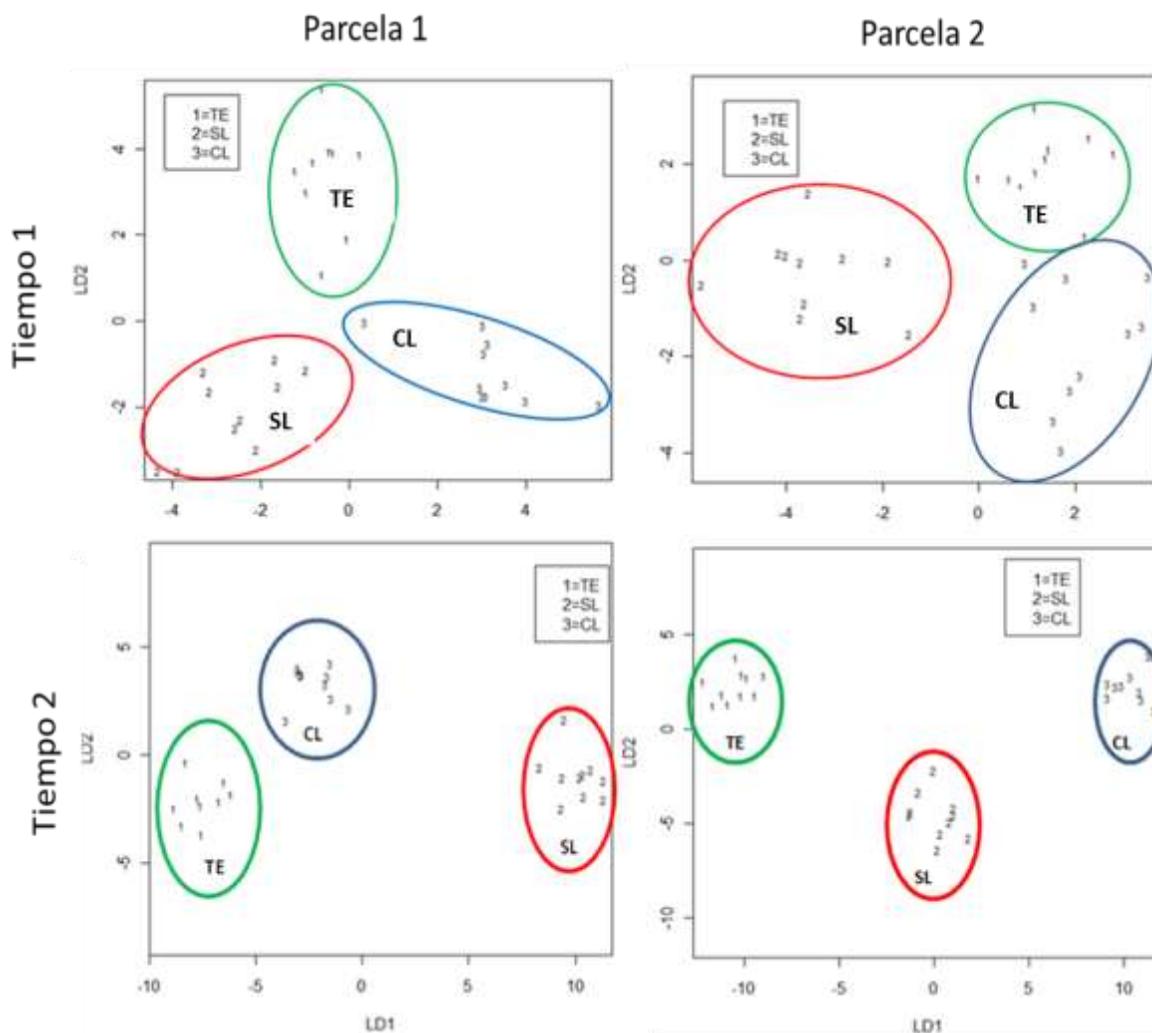


Figura 5. Análisis de Discriminantes lineales, los tratamientos se separan en la parcela uno y dos al tiempo 1 con 5% de error. En la parcela 1, al tiempo 2 con el 5% y en la parcela dos al tiempo 2 con el 7%. Tiempo 1= enero 2010, tiempo 2= noviembre 2010. TE=con leñosas con pastoreo, SL=sin biomasa aérea de leñosas, sin pastoreo y CL=con leñosas sin pastoreo.

Utilizando un análisis de discriminantes lineales para los datos de los tratamientos juntando los de ambas parcelas, pudimos disminuir el factor espacial, y lo que observamos es una diferenciación de los tratamientos TE, SL y CL, en el muestreo al tiempo 1 (figura6), se debe principalmente a los FA's marcadores de hongos micorrízicos y saprófitos, de bacterias actinobacterias, gram+ y gram-; a los ortofosfatos y al amonio, los cuales separan 76% de la variación de los datos. El análisis arrojó las siguientes ecuaciones:



$$D1 = -1.62(\text{actinobacterias}) - 0.81(\text{ortofosfatos}) + 1.67(\text{gram+}) + 1.47(\text{gram-}) - 0.50(\text{microbios}) - 0.63(\text{sapr3otrofos}) - 0.72(\text{micorr3izicos}) + 1.43(\text{amonio})$$

$$D2 = 0.92(\text{actinobacterias}) - 0.12(\text{ortofosfatos}) + 2.05(\text{gram+}) - 1.43(\text{gram-}) - 3.40(\text{microbios}) - 1.42(\text{sapr3otrofos}) + 0.39(\text{micorr3izicos}) - 0.43(\text{amonio})$$

Analizando los datos de ambas parcelas al tiempo dos con un LDA, observamos que hay una diferenciación de los tratamientos TE, SL y CL, donde los discriminantes que separan el 55% de la variación de los datos fueron los FA's marcadores de las bacterias gram- y gram+ y actinobacterias, hongos sapr3otrofos, la actividad de las enzimas proteasa-caseína y proteasa-BAA y la concentración de nitrato. Dicho análisis nos arroj3ó las siguientes ecuaciones:

$$D1 = 0.45(\text{gram-}) - 3.47(\text{gram+}) - 1.56(\text{BAA}) - 1.15(\text{protease-caseína}) - 1.087(\text{sapr3otrofos}) + 3.93(\text{actino}) + 0.66(\text{nitrato}) - 0.04(\beta\text{-gluco})$$

$$D2 = 1.62(\text{gram-}) + 6.90(\text{gram+}) - 0.51(\text{BAA}) + 0.34(\text{protease-caseína}) - 1.55(\text{sapr3otrofos}) - 7.50(\text{actino}) - 0.26(\text{nitrato}) + 1.86(\beta\text{-glucosidasa})$$

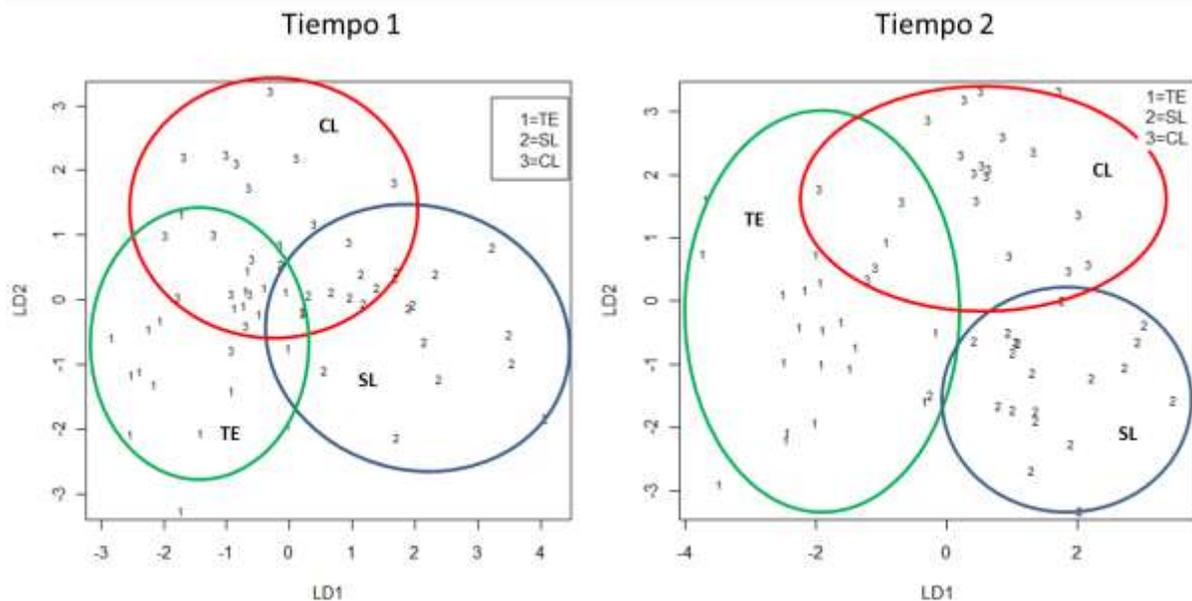


Figura 6. Análisis de discriminantes lineales, los tratamientos se separan en el tiempo 1 con el 7% de error y en el tiempo dos con 5% de error. Tiempo 1=enero 2010, tiempo 2=noviembre 2010. TE=con leñosas con pastoreo, SL=sin biomasa aérea de leñosas, sin pastoreo y CL=con leñosas sin pastoreo.

6.2 El efecto del manejo en las relaciones de la cobertura vegetal con las propiedades del suelo.



Estructura de la vegetación

Durante el primer censo realizado en este trabajo, se observó la composición de la vegetación leñosa ya establecida en el sitio de estudio, referida en términos de especie y número de individuos (tabla 6), así como el índice de valor de importancia, calculado a partir de la frecuencia, abundancia y dominancia relativa de las especies censadas. (Tabla 7).

Tabla 6. Resumen del censo de leñosas establecidas en los tratamientos: TE=con leñosas, sin pastoreo, CL=con leñosas, sin pastoreo.

Parcela	Tratamiento	No. de especies	No. de individuos	Área basal m Ha
1	TE	6	9	0.84
1	CL	2	6	0.59
2	TE	7	15	1.95
2	CL	5	5	1.14

Tabla 7. Índice de valor de importancia de las especies de plantas leñosas censadas (sep-2009). TE=con leñosas sin pastoreo, CL=con leñosas sin pastoreo, SL=sin biomasa de leñosas sin pastoreo.

Parcela 1 TE	IVRi	Parcela 1 CL	IVRi	Parcela 2 TE	IVRi	Parcela 2 CL	IVRi
<i>Forchhammeria pallida</i>	1.5	<i>Gyrocarpus americanus</i>	15.2	<i>Casearia tremula</i>	6.2	<i>Forchhammeria pallida</i>	7.84
<i>Gyrocarpus americanus</i>	3	<i>Acaciella angustissima</i>	57.5	<i>Caesalpinia sclerocarpa</i>	15.5	<i>Gyrocarpus americanus</i>	13.5
<i>Caesalpinia sclerocarpa</i>	9.4			<i>Coccoloba liebmanii</i>	12.8	<i>Casearia tremula</i>	22
<i>Coccoloba liebmanii</i>	13.4			<i>Tabebuia sp.</i>	4.3	<i>Especie desconocida 1</i>	8
<i>Tabebuia sp.</i>	1.5			<i>Cordia alliodora</i>	6.9	<i>Caesalpinia sclerocarpa</i>	14.8
<i>Caesalpinia sp.</i>	10.4			<i>Lonchocarpus sp.</i>	6.1	<i>Especie desconocida 12</i>	1.5
<i>Acaciella angustissima</i>	7.7			<i>Jacquinia pungens</i>	12.1		
				<i>Especie desconocida 10</i>	4.8		
<i>Lonchocarpus</i>	36.4			<i>Especie desconocida 11</i>	4.7		
				<i>Especie desconocida 12</i>	14.9		

Se observó que en la parcela 2 hay 20 plantas leñosas arbóreas en 200 m² y en la parcela 1 hay 15 plantas leñosas en 200 m². La sumatoria de las coberturas de las plantas herbáceas censadas en 30 m², para la parcela uno fue de 275 m², y en la parcela 2 de 258 m², (ya que las coberturas se sobreponen), los valores promedio de la cobertura por tratamiento se pueden ver en la tabla 8. Estas coberturas aéreas, de 10 puntos, no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos (ANOVA, p= 0.61), ni entre parcelas (t-student p=0.79).

Tabla 8. Resumen del censo de vegetación herbácea. Número de especies encontradas con respecto al total, promedio de la cobertura total aérea y suma del área sin cobertura vegetal. TE=con leñosas con pastoreo, CL=con leñosas sin pastoreo y SL=sin biomasa aérea de leñosas sin pastoreo.

Parcela	Tratamiento	No. De especies	Cobertura vegetal (promedio m ²)	Área sin cobertura (suma m ²)	No. de plántulas y género.
P1	TE	20/46	1.6±0.6	0.1	9 (<i>Columbrina</i> y <i>Caesalpinia</i>)
	CL	16/46	1.5±0.4	0.6	12 (<i>Acaceae</i>)
	SL	15/46	1.3±0.4	0.05	5 (<i>Acaceae</i> y <i>Lisiloma</i>)
P2	TE	17/46	1.3±0.5	0.5	4 (<i>Caesalpinia</i> y <i>Lonchocarpus</i>)
	CL	14/46	1.5±0.4	0.45	8 (<i>Lisiloma</i> y <i>Spondeo</i>)
	SL	23/46	1.0±0.4	0.45	5 (<i>Caesalpinia</i> e <i>Ipomea</i>)

Tabla 9. Índice de valor de importancia de las especies de plantas herbáceas, (censo sep-2010). En la parcela 1. TE=con leñosas con pastoreo, CL=con leñosas sin pastoreo y SL=sin biomasa aérea de leñosas sin pastoreo.

44

Especies	Familia	Parcela 1 TE	P1 CL	P1 SL
		IVRi	IVRi	IVRi
<i>Abutilontrisolcatum</i>	Malvaceae	0.2	0.4	0.2
<i>Acalypha peluda</i>	Malvaceae	0.5	0.4	0.5
<i>Acantaceae sp.1</i>	Acanthaceae	0.7	0.2	0.2
<i>Antigonon flavescens</i>	Poligonaceae	10.5*	1.7	1.7
<i>Ayenia sp.</i>	Sterculiaceae	0.6	1.9	1.5
<i>Caesalpinia sp.</i>	Fabaceae	0.2	0.2	0.4
<i>Chamaecrista nictitans</i>	Fabaceae	5.1	7.0	4.7
<i>Compositae sp. 1</i>	Compositae	0.4	0.2	0.2
<i>Coursetia caribaea</i>	Fabaceae	0.8	1	3.1
<i>Desmodium trifoliata</i>	Fabaceae	0.2	0.6	0.2
<i>Elytraria imbricata</i>	Acanthaceae	4.5	2.1	11.4 *
<i>Euphorbia colletioides</i>	Euphorbiaceae	1.2	1.3	2.4
<i>Euphorbia heteropylla</i>	Euphorbiaceae	0.2	0.5	0.2
<i>Fabaceae sp. 1</i>	Fabaceae	1.7	1.7	2.2
<i>Hyptis suaveolens</i>	Labiataeae	0.8	1.3	1.3
<i>Ipomea sp.1</i>	Convolvulaceae	9.0	1.1	1.1
<i>Ipomea sp.2</i>	Convolvulaceae	1.9	1.7	3.6
<i>Malvaceae sp.1</i>	Malvaceae	0.7	0.4	0.4
<i>Maranta arundinaceae</i>	Marantaceae	4.0	2.9	7.4
<i>Morfoespecie 1</i>		0.7	0.4	0.4
<i>Morfoespecie 2</i>		4.9	9.6	7.7
<i>Panicum máximum</i>	Poaceae	0	0.5	0
<i>Phaseolus sp. 1</i>	Fabaceae	7.9	19.4*	3
<i>Phaseolus sp.2</i>	Fabaceae	4.7	5.5	3.9
<i>Physalis sp.</i>	Solanaceae	1.0	0.4	0.9
<i>Senna obtusifolia</i>	Fabaceae	3.1	3.9	4.6

IVRi= índice de valor de importancia relativa, (*)IVRi mayor

Tabla 10. Índice de valor de importancia de las especies de plantas herbáceas, (censo sep-2010). En la parcela 2. TE=con leñosas con pastoreo, CL=con leñosas sin pastoreo y SL=sin biomasa aérea de leñosas sin pastoreo.

Especie	Familia	TE	CL	SL
		IVRi	IVRi	IVRi
<i>Abutilon trisulcatum</i>	<i>Malvaceae</i>	5.53	26.01*	8.2
<i>Amaranthaceae sp.1</i>	<i>Amaranthaceae</i>	0.32	0.2	0.2
<i>Antigonon flavescens</i>	<i>Poligonaceae</i>	10.16	2.04	3.4
<i>Apiaceae sp.1</i>	<i>Apiaceae</i>	0.27	0.2	0.5
<i>Ayenia sp.</i>	<i>Sterculiaceae</i>	0.57	0.54	3.6
<i>Convolvulaceae sp.1</i>	<i>Convolvulaceae</i>	0.2	0.75	0.4
<i>Chamaecrista nictitans</i>	<i>Fabaceae</i>	5.04	3.99	0.6
<i>Colubrina triflora</i>	<i>Rhamnaceae</i>	0.2	0.2	5.6
<i>Commelinaceae sp.1</i>	<i>Commelinaceae</i>	0.2	0.2	0.2
<i>Cleome viscosa</i>	<i>Capparaceae</i>	0.59	0.59	0.8
<i>Coursetia caribaea</i>	<i>Fabaceae</i>	0.99	0.79	1.8
<i>Desmodium trifoliatum</i>	<i>Fabaceae</i>	1.65	1.38	1.6
<i>Elytraria imbricata</i>	<i>Acanthaceae</i>	17.06*	11.29	2.5
<i>Euphorbia colletioides</i>	<i>Euphorbiaceae</i>	1.18	0.99	16.6*
<i>Euphorbia heterophylla</i>	<i>Euphorbiaceae</i>	1.55	0.2	2.7
<i>Evolvulus alsinoides</i>	<i>Convolvulaceae</i>	0.59	1.55	0.2
<i>Fabaceae sp.1</i>	<i>Fabaceae</i>	0.52	0.2	0.2
<i>Henrya insularis</i>	<i>Acanthaceae</i>	0.2	0.2	1.3
<i>Ipomea sp.1</i>	<i>Convolvulaceae</i>	0.2	0.75	3.5
<i>Malvaceae sp.1</i>	<i>Malvaceae</i>	0.39	2.81	1.2
<i>Malvaceae sp.2</i>	<i>Malvaceae</i>	1.88	2.34	0.7
<i>Maranthaceae sp.1</i>	<i>Maranthaceae</i>	0.69	0.2	0.8
<i>Mimosa quadrivalvis</i>	<i>Fabaceae</i>	0.39	0.39	1.1
<i>Mimosa sp.</i>	<i>Fabaceae</i>	0.2	0.2	0.2
<i>Morfoespecie 2</i>		1.38	1.7	1
<i>Panicum máximum</i>	<i>Poaceae</i>	8.65	0.99	0.3
<i>Phaseolus sp.1</i>	<i>Fabaceae</i>	3.41	2.89	0.2
<i>Senna obtusifolia</i>	<i>Fabaceae</i>	1.45	1.5	0.2
<i>Setaria geniculata</i>	<i>Poaceae</i>	0.2	0.2	0.5
<i>Physalis sp.</i>	<i>Solanaceae</i>	0.79	0.79	1.2
<i>Zinnia nictitans</i>	<i>Compositae</i>	0.99	0.99	2.6

IVRi= índice de valor de importancia relativa. (*) IVRi mayor.

Análisis de correlaciones entre la cobertura vegetal y las propiedades del suelo

Para entender la relación entre la cobertura vegetal y el suelo, se llevaron a cabo correlaciones entre las propiedades del suelo y la cobertura vegetal. La mayoría de las correlaciones positivas se encontraron en el tratamiento CL (Tabla 11). En la parcela 1 las correlaciones altas y positivas fueron observadas entre la cobertura vegetal y el % de agregados >1mm de 0 a 5 cm y de 5 a 10 cm, la concentración de nitrato, la abundancia de los FA's indicadores de bacterias gram+, gram -, actinobacterias, hongos saprótrofos y grupos microbianos; también con la actividad de las enzimas,

celulasa, invertasa, ureasa y proteasa-BAA (Tabla 12). Del total de las correlaciones el 70% resultaron altas y positivas en el tratamiento con leñosas y sin pastoreo (CL), en contraste con el tratamiento con leñosas, con pastoreo (TE=0%) y el tratamiento sin leñosas y sin pastoreo (SL=6%)

En la parcela dos se observaron correlaciones altas y positivas entre la cobertura vegetal y el % de agregados >1mm de 5 a 10cm, amonio, nitrato, la abundancia de FA's indicadores de gram+, gram-, actinobacterias, grupos microbianos, la actividad de la enzima celulasa (Tablas 11 y 12). Del total de las correlaciones el 47% resultaron altas y positivas en el tratamiento con leñosas CL en contraste con el tratamiento sin leñosas y con pastoreo (TE=6%) y el tratamiento sin leñosas y sin pastoreo (SL=12%).

Tabla 11. Coeficientes de correlacione entre la cobertura vegetal y las propiedades del suelo que cambiaron más, debido al manejo, de acuerdo con los LDAs, en ambas parcelas. TE=con leñosas con pastoreo, SL=sin biomasa aérea de leñosas sin pastoreo y CL= con leñosas sin pastoreo. (*)

Cobertura vegetal (m ²) vs	PARCELA 1			PARCELA 2		
	TE	SL	CL	TE	SL	CL
% Agregados >1mm de 0-5cm prof.	-0.288	-0.358	0.347	0.333	0.315	-0.283
% Agregados >1mm de 5-10cm prof.	-0.747	0.012	0.264	0.084	0.373	0.300
Amonio (µg NH ₄ ⁺ g ⁻¹)	-0.326	-0.285	-0.117	0.038	-0.086	0.292
Nitrato (µg NO ₃ ⁻ g ⁻¹)	-0.373	-0.132	0.309	-0.292	-0.223	0.243
Ortofosfato (µg PO ₄ ³⁻ g ⁻¹)	-0.455	-0.155	0.066	-0.115	-0.272	-0.536
Gram+ (mol g ⁻¹)	-0.531	-0.016	0.913	-0.551	-0.349	0.212
Actinobacterias (mol g ⁻¹)	-0.446	-0.024	0.871	-0.525	-0.320	0.248
Gram- (mol g ⁻¹)	-0.495	-0.049	0.614	-0.180	-0.257	0.206
Micorrizicos (mol g ⁻¹)	-0.607	-0.045	0.167	0.072	-0.059	0.144
Microorganismos (mol g ⁻¹)	-0.557	-0.038	0.609	-0.368	-0.176	0.200
Saprotrofos (mol g ⁻¹)	-0.639	-0.069	0.417	-0.368	-0.265	0.180
Fosfatasa(µg pNF g ⁻¹ h ⁻¹)	-0.284	-0.488	0.763	-0.810*	-0.225	-0.286
B-glucosidasa (µmol PNP g-1 h-1)	-0.635	-0.266	-0.084	-0.101	-0.193	0.341
Celulasa (µmol Glu g-1 h-1)	-0.562	-0.402	0.383	-0.388	-0.563	-0.375
Invertasa (µmol Glu g-1 h-1)	-0.769	-0.273	0.305	-0.355	0.123	-0.001
Ureasa (µmoles NH3 g-1 h-1)	-0.283	-0.214	0.201	-0.304	0.280	-0.453
Proteasa- Caseína (µmol tirosina g-1 h-1)	-0.474	0.294	-0.069	-0.326	0.018	0.103

■ Correlaciones altas (r≥0.20) ■ Correlaciones bajas (r<0.20)

Relación entre la actividad enzimática y los nutrientes



Para entender la relación entre la disponibilidad de nutrientes y la actividad microbiana, se correlacionaron las concentraciones de los distintos nutrientes con la actividad enzimática. Las mismas mostraron una alta variabilidad entre ambas parcelas (Tabla 12).

Tabla 12. Correlaciones entre la actividad enzimática y los nutrientes disponibles. MO= materia orgánica, NH_4^+ =amonio, NO_3^- =nitrato y PO_4^{3-} = ortofosfato. TE=con leñosas con pastoreo, SL=sin biomasa aérea de leñosas, sin pastoreo y CL=con leñosas sin pastoreo.

		β -glucosidasa	Celulasa	Invertasa	Ureasa	Proteasa-BAA	Proteasa-caseína	Ureasa	Proteasa-BAA	Proteasa-caseína	Fosfatasa
		MO	MO	MO	NH_4^+	NH_4^+	NH_4^+	NO_3^-	NO_3^-	NO_3^-	PO_4^{3-}
P1	TE	-0.085	0.060	-0.318	-0.324	-0.515	0.098	0.008	-0.024	0.125	0.513
	SL	0.341	0.274	0.303	-0.062	0.008	-0.048	0.378	0.469	0.074	-0.164
	CL	-0.314	0.132	0.409	0.230	0.036	0.729	0.628	0.581	0.853*	-0.178
P2	TE	0.079	0.616	0.421	0.469	0.650*	-0.133	0.702*	0.476	0.262	-0.180
	SL	0.241	0.257	0.386	-0.103	-0.637*	-0.232	-0.007	-0.318	0.152	-0.135
	CL	0.606	0.554	0.193	-0.137	-0.488	0.164	-0.187	-0.425	0.362	-0.496

Correlaciones altas ($r \geq 0.20$)
 Correlaciones bajas ($r < 0.20$)

7. DISCUSIÓN

7.1 Tendencias en la calidad del suelo debida al manejo

Existe una tendencia a la diferenciación en las propiedades del suelo entre los tratamientos debida al manejo con el paso del tiempo. Esto se observa en los análisis de discriminantes lineales, que presentan un rango mayor de separación en el eje principal en el tiempo dos en comparación con el tiempo uno. Así mismos, los tratamientos en conjunto de ambas parcelas muestran una separación entre ellos, corroborando que los tratamientos se diferencian por las condiciones del suelo que se propician, por el manejo. En este mismo contexto, Brejda *et al.*, (2000), utilizaron este mismo análisis y encontraron los mejores indicadores de la calidad de suelo de entre 20 propiedades, a una escala regional dentro de los que destacan el carbono total y los agregados estables en agua. En este trabajo los mejores discriminantes fueron los microorganismos, la actividad de la β -glucosidasa, invertasa, proteasa-caseína y los ortofosfatos.

Los FA's indicadores de bacterias gram+, gram-, actinobacterias, hongos micorrízicos, saprótrofos y grupos microbianos totales (16:0), fueron algunas de las variables que agrupan la mayoría de los datos en los análisis de discriminantes, lo que sugiere que son estos grupos los que en conjunto tienden a cambiar por el tipo de tratamiento, por lo que los microorganismos son sensibles al pastoreo y establecimiento de leñosas en el corto plazo. Se ha visto que algunos grupos microbianos como las actinobacterias y los hongos saprótrofos son sensibles ante los cambios en el material vegetal aportado al suelo (Anderson, 2003) ya que estos grupos de hongos son afectados directamente por la presencia de carbono aprovechable (Eldor, 200). Por otro lado los tratamientos propician condiciones específicas, en cuanto a humedad, temperatura y nutrientes asimilables como ortofosfatos, que favorecen el establecimiento diferencial de las comunidades de microorganismos (Hedlund, 2002). Por lo anterior podemos decir que los grupos microbianos reflejan las condiciones del suelo ante el cese de pastoreo y la permanencia de leñosas, sirviendo como indicadores. Los microorganismos han sido empleados como indicadores de calidad ante diferentes tipos de uso (Filip, 2002; Hedlund, 2002; Anderson, 2003; Gil-Sotres *et al.*, 2005), donde coinciden en que la comunidad microbiana es sensible ante cambios en el manejo ya que

desempeñan un papel fundamental en el desarrollo del suelo. Adicionalmente, la relación de los microorganismos con los factores abióticos del medio ambiente y el ciclo de descomposición de la materia orgánica determinan la fertilidad y funcionalidad de un sitio en específico (Chapin *et al.*, 2002).

Las enzimas relacionadas con el ciclo del carbono β -glucosidasa, invertasa y celulasa son de las variables que agrupan a la mayoría de los datos en los análisis de discriminantes. Esto podría sugerir que la actividad de estas enzimas responde a los cambios en el cambio de cobertura vegetal leñosa y el pastoreo, ya que se observaron diferencias significativas entre los tratamientos (β -glucosidasa e invertasa), y podría deberse al cambio en el aporte de material vegetal, al no haber leñosas, ya que la actividad de estas enzimas refleja el potencial del suelo para degradar la materia orgánica (Caravaca *et al.*, 2002), y principalmente a los cambios en la comunidad microbiana registrados entre los tratamientos, ya que ellos son la principal fuente de origen de estas enzimas en el suelo (Hayano y Tubaki, 1985; Schimel 2001). Los datos de la actividad de estas enzimas para esta región son escasos, pero en mediciones de suelos tropicales de Puerto Rico Acosta *et al.*, (2006); Costa Rica, Caldwell y Phillip (1999); la India Chander *et al.*, (1998); Dinesh y Sheeja (2004), reportan cambios en la actividad de estas enzimas ante diferentes tipos de manejo entre pastizales bosque primario y zonas de cultivo, los valores que observamos en este trabajo están muy por debajo de los valores reportados por estos autores. Por lo anterior estas enzimas podrían ser buenos indicadores en el corto plazo ante cambios en el manejo del suelo y de la vegetación, en las condiciones del estudio. Distintos autores como Trasar-Cepeda *et al.* (2000), Acosta *et al.*, (2006); Caldwell y Phillip (1999); Castillo (2001); Chander *et al.*, (1998); Dinesh y Sheeja (2004); Leiros *et al.*, (2000) utilizan la actividad enzimática como indicador de cambios ante diferentes usos del suelo y coinciden en que la evaluación de la actividad enzimática como la invertasa o la celulasa, proporciona información sobre el estado de las reacciones clave, que participan en la descomposición de la materia orgánica y transformación de nutrientes en el suelo, los cuales son susceptibles ante estos.

Las enzimas relacionadas con el ciclo del N: la ureasa, y la proteasa BAA, no mostraron una tendencia de influencia ante los distintos tratamientos. En la región de Chamela, Sandoval-

Pérez et al. (2009), compararon los niveles de la actividad de la ureasa y fosfatasa ácida, en suelos de potreros, vegetación primaria y vegetación secundaria, encontraron evidencia de la disminución de la actividad de la ureasa en los sitios con vegetación secundaria y en los potreros, con respecto a los sitios con vegetación primaria. Por otro lado la proteasa-caseína fue de las variables que agruparon la mayoría de los datos en el análisis de discriminantes y tuvo diferencias significativas entre los tratamientos. La variación de esta enzima puede estar en función de otros factores que afectan el suelo, como el pH o la disponibilidad de sustrato, sin embargo Dinesh *et al.*, (2004), encontraron cambios en la actividad de esta enzima con respecto a sitios de cultivo donde encuentra una disminución en estos últimos sitios en un BTS de la India. Debido a esto la actividad de esta enzima podría considerarse como un buen indicador de los cambios de manejo en el corto plazo.

La concentración de PO_4^{3-} difirió entre las parcelas desde el inicio del estudio y se observaron cambios, ante el cese del pastoreo y permanencia de leñosas. También se observó que esta fracción de P, agrupó a la mayoría de los datos, siendo uno de los mejores discriminantes en el análisis multivariado. Los ortofosfatos son el resultado de la mineralización de P orgánico, el cual a su vez depende de los microorganismos, las relaciones C/P, N/P, temperatura, humedad, aireación, pH y fertilización con fósforo; y este proceso es mediado por fosfatasas (Chapin *et al.*, 2002). Esto podría explicar la variabilidad espacial e intrínseca de las parcelas y su alta sensibilidad al tipo de manejo. Sandoval-Pérez *et al.*, (2009) observó que hay una disminución del PO_4^- (P disponible) con la transformación a potrero y que el establecimiento del bosque secundario por más de 20 años aún no permite su recuperación. Esto indica que el PO_4^{3-} es una fracción sensible a los cambios en el manejo del suelo en general, por lo que podría ser un buen indicador de calidad de suelo. No obstante la variación de esta fracción de P puede ser espacial y no precisamente por el tipo de manejo.

Al evaluar la biomasa de raíces, la materia orgánica y la agregación del suelo, observamos que no hay cambio en ellos por el tipo de manejo, en el tiempo que duro el estudio (16 meses). Se han encontrado cambios en la biomasa de raíces finas y asociadas a agregados, con el tipo de

manejo, en la región (Castellanos *et al.*, 2001; García-Oliva *et al.*, 2001). Por otro lado también se ha visto que en esta región la dinámica de raíces está en función de la lluvia (Castellanos *et al.*, 2001). Por lo que el tiempo y otros factores como la precipitación son determinantes en su cambio. Por otro lado los tipos de manejo establecidos no influyen tan rápidamente en la materia orgánica, debido al tiempo de descomposición de esta, ya que para climas tropicales se ha visto que el tiempo de descomposición de esta fracción es de menos de 30 años (Towsend *et al.*, 1995). Por lo tanto la materia orgánica no puede indicar cambios en el corto plazo ante diferentes tipos de manejo, sin embargo es importante monitorearla dada su relación con todas las demás funciones del suelo. En cuanto a la agregación, en los estudios en esta región en los cuales se ha empleado la agregación como indicador de la erosión del suelo (Chappell *et al.*, 1999; Cotler y Ortega-Larrocea, 2006, Martínez-Trinidad *et al.*, 2008) coinciden en que hay algunos cambios en la estructura del suelo propiciados por el uso, la vegetación predominante y el tiempo de manejo. Por lo tanto el tiempo de manejo es uno de los factores determinante en los cambios de la biomasa de raíces, la materia orgánica y la formación de agregados del suelo.

7.2 Efecto del tipo de manejo en la relación de la cobertura vegetal con algunos procesos del suelo.

El tipo de manejo provoca un desacoplamiento en la relación entre la cobertura vegetal y las propiedades del suelo; pues existe un efecto positivo entre variables, en los tratamientos donde se dejaron creciendo las plantas leñosas y se frenó el pastoreo (CL). Esto se ve en el análisis de correlaciones donde se observó un patrón general, donde las correlaciones en los tratamientos TE y SL, fueron en su mayoría negativas, en contraste con el tratamiento CL, este patrón es más claro en la parcela 1, pero es consistente en ambas parcelas. Esto indica un efecto del tipo de manejo, ya que el tratamiento CL representa el sitio con las condiciones normales de regeneración natural sin perturbación de chaponeo y pastoreo. Existen pocos trabajos en la zona, donde se relacionen directamente la cobertura vegetal con las propiedades del suelo (Álvarez-Yepis, 2008), pero los trabajos de Angers y Caron (1998); Hobbie, (1992); Dinesh *et al.*, (2004) y Hedlund (2002) en otros ecosistemas, coinciden en que la vegetación influye en la estructura, disponibilidad de nutrientes,



actividad enzimática y abundancia microbiana. Aunado a esto el cese de pastoreo puede tener un efecto positivo en las propiedades del suelo bajo la influencia de la vegetación (Blackburn, 1983; Blackburn, 1984; Echavarría-Cháires, 2007). Esto indica que un manejo donde no se quite la vegetación leñosa y donde no se mantenga ganado pastando favorece las relaciones entre la cobertura vegetal y los procesos del suelo; o por el contrario, que un manejo sin leñosas y con pastoreo, tiende a desligar los procesos que suceden por encima y por debajo del suelo, llevando posiblemente a una pérdida de funciones ecosistémicas y por lo tanto a cierta degradación del ecosistema.

La cobertura vegetal que predomina (con tipo de crecimiento leñoso y herbáceo) y el tipo de manejo (sin pastoreo), tienen un efecto positivo en la actividad enzimática en el tratamiento, ya que se observó que la actividad de la celulasa, invertasa, ureasa y proteasa-BAA tuvieron una correlación alta con la cobertura vegetal, observamos que en los tratamientos TE y SL fue negativa, mientras que en el tratamiento CL fue positiva. En otros trabajos se ha visto la influencia indirecta de la vegetación sobre la actividad enzimática entre sitios con vegetación agrícola y de bosque maduro (Acosta-Martínez, 2007). La vegetación puede influir en la secreción de algunas enzimas, pero la mayoría de estas tienen su origen en los microorganismos del suelo (Deng y Tabatabai, 1996). Probablemente esto resulte del aporte de material orgánico el cual activa la secreción de enzimas necesarias para su descomposición por parte de los organismos. Esto se observa en las relaciones que tienen las enzimas relacionadas con la descomposición de la materia orgánica B-glucosidasa, Invertasa y Celulasa, las cuales guardan un patrón general positivo con la materia orgánica de los sitios. Esto implica que el dejar las leñosas de la regeneración natural y frenar el pastoreo mantiene una correlación positiva en los procesos relacionados con la actividad enzimática del suelo.

Hay un efecto del tipo de manejo en la relación que tiene la vegetación con los microorganismos del suelo, ya que las correlaciones entre estas variables en los tratamientos TE y SL, fueron negativas, mientras que en el tratamiento CL, fueron positivas, consistentemente entre parcelas. Esto señala un efecto directo en el tipo de manejo, ya que los sitios con un grado de

perturbación (pastoreo o corte de biomasa aérea de leñosas), se diferencian del sitio con las condiciones favorables, y se observa que la abundancia de microorganismos se correlaciona fuertemente con la cobertura vegetal. Hedlund (2002), observó cambios en la comunidad microbiana (midiendo con (Fetid Acids: FA's) entre vegetación de bosque templado y tres grupos funcionales de plantas: pastos, leguminosas y herbáceas, donde entre estos tres últimos se favoreció el crecimiento de la comunidad bacteriana en presencia de leguminosas. Los microorganismos están sujetos a varios factores que determinan su abundancia y distribución, donde destaca la fuente de carbono y los cambios en este factor provienen directamente del tipo de residuos vegetales aportados para su descomposición. Otros factores ambientales que favorecen el crecimiento de los microorganismos son la temperatura y la humedad, las cuales se ven favorecidas por un dosel aportado por plantas leñosas arbóreas, como lo pudimos ver con las mediciones microclimáticas de los sitios, al propiciar una menor radiación solar cerca del suelo y una menor temperatura con respecto a los sitios donde no hay cobertura de leñosas. Por ello es probable que estas condiciones permitan una mayor proliferación de microorganismos conforme es mayor la cobertura vegetal, si se suprime el pastoreo.

El corte de cobertura vegetal leñosa y el pastoreo, están propiciando una tendencia en las propiedades y procesos del suelo. Esta, se observó en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo que tienden a cambiar en conjunto según el tratamiento. Y como las relaciones entre la cobertura vegetal y algunos procesos del suelo tienden a desacoplarse ante condiciones de perturbación como el pastoreo y el corte de cobertura vegetal leñosa.

8. CONCLUSIONES

En este trabajo analizamos las tendencias que propicia el manejo (permanencia de leñosas y pastoreo) sobre la calidad del suelo, en parcelas utilizadas para el pastoreo en un BTS de México durante 16 meses. Si bien en el tiempo de estudio no se encontraron diferencias estadísticas entre las propiedades del suelo, un análisis de discriminantes señala una tendencia a la separación entre tratamientos.

Se identificaron las variables que en conjunto cambian por el tratamiento, entre los que se encuentran los ácidos grasos indicadores de microorganismos en el suelo y la actividad de enzimas relacionadas con el ciclo del carbono, (β -glucosidasa e invertasa) y la actividad de la enzima proteasa-caseína.

Se relacionaron las variables que representan procesos por encima del suelo (e.g. cobertura vegetal), con las que representan procesos en el suelo como la agregación, la actividad enzimática del suelo y la abundancia de microorganismos. Se observó que los sitios con un manejo donde se permite el crecimiento de las plantas leñosas establecidas y no existen perturbaciones antropogénicas (sin pastoreo y con plantas leñosas) tienden a mantener una relación positiva en las variables, mientras que la incursión de vacas o el chaponeo desacoplan ambas propiedades, lo que sugiere una tendencia a la degradación.

Estos resultados tienen importantes implicaciones para la recomendación en la utilización de indicadores de calidad del suelo en el corto plazo (meses) y como primera aproximación de las tendencias de cambio en las propiedades del suelo ante el corte de biomasa aérea de leñosas y el pastoreo. No obstante, para aumentar la consistencia y solidez de los análisis es necesaria una investigación de mayor plazo, que permita comprender el efecto del tiempo de manejo sobre la dinámica biogeoquímica de la zona.

9. BIBLIOGRAFIA

- Aber, J.D. y Melillo J.M. 1991. *Terrestrial Ecosystems*. Saunders C. Pu., Philadelphia, USA. 430 pp.
- Acosta-Martínez, Cruz L., Sotomayor-Ramírez D. y Pérez Alegría L. 2007. Enzyme activities as affected by soil properties and land use in a tropical watershed. *Applied Soil Ecology* 35:35-45.
- Ajwa, H., Dell C.J. y Rice C.W. 1999. Changes in enzyme activities and microbial biomass of tall grass prairie soil as related to burning and nitrogen fertilization. *Soil Biology and Biochemistry* 31:769-777.
- Alef, K. y Nannipieri P. 1995. *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. Academic Press, London 228-231 pp.
- Álvarez-Yépez, J.C., Martínez-Yrizar A., Búrquez A. y Lindquist C. 2008. Variation in vegetation structure and soil properties related to land use history of old-growth and secondary tropical dry forests in northwestern Mexico. *Forest Ecology and Management* 256:355-366.
- Anderson, T.H. y Domsch K.H. 1989. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. *Soil Biology and Biochemistry* 21:471-479
- Anderson, T.H. 2003. Microbial eco-physiological indicators to assess soil quality. *Agriculture Ecosystems and Environment* 98:285-293.
- Angers, D. A. y Caron J. 1998. Plant-induced changes in soil structure: Processes and feedbacks. *Biogeochemistry* 42:55-72.
- Angers, D.A., Samson N. y Légère A. 1993. Early changes in water-stable aggregation induced by rotation and tillage in a soil under barley production. *Canadian Journal of Soil Science* 73: 51-59.
- Angers, D.A. y Mehuys G.R. 1990. Barley and alfalfa cropping effects on carbohydrate contents of a clay soil and its size fractions. *Soil Biology and Biochemistry* 22:285-288.
- Bardgett, R.D., Lovell R.D., Hobbs P.J. y Jarvis S.C. 1999. Seasonal changes in soil microbial communities along a fertility gradient of temperate grasslands. *Soil Biology and Biochemistry* 31:1021-1030.
- Baver, C.D. y Gardner W.H. 1973. *Física de suelos*. Unión Tipográfica. Editorial Hispanoamericana. 429pp.

- Bethlenfalvay, G.J. y Schüepp H. 1994. Arbuscular mycorrhizas and agrosystem stability. In: Gianinazzi S. y Schüepp H. (eds). Impact of arbuscular mycorrhizas on sustainable agriculture and natural ecosystems. Birkhäuser Verlag, Basel, 117-131pp.
- Beukes, P.C. y Cowling R.M. 2003. Non-selective grazing impacts on soil-properties of the Nama Karoo. *Journal of Range Management* 56:547-552.
- Blackburn, W.H. 1983. Livestock grazing impacts on watersheds. *Rangelands* 5:123-125.
- Blackburn, W.H. 1984. Impacts of grazing intensity and specialized grazing systems on watershed characteristics and responses. In: Developing strategies for rangeland management. Natural Resources Council, National Academy of Science Westview Press, Boulder, Colorado and London, England. 927-1000 pp.
- Brejda, J., Moorman T.B, Douglas L., Karlen L. y Dao T.H. 2000. Identification of Regional Soil Quality Factors and Indicators: In Central and Southern High Plains. *Soil Society of American Journal* 64:2115-2124.
- Buganovsky, G.A., Aslam M. y Wagner G.H. 1994. Carbon turnover in soil physical fractions. *Soil Society of American Journal* 58:1167-1173.
- Burgos, A.L., y Maass J.M. 2004. Vegetation change associated with land-use in tropical dry forest areas of Western Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 104:475-481.
- Burns, R.G. 1982. Enzyme activity in soil: location and a possible role in microbial ecology. *Soil Biology and Biochemistry* 14:423-427.
- Caldwell, B.A., Griffiths R.P. y Sollins P. 1999. Soil enzyme response to vegetation disturbance in two lowland Costa Rica soils. *Soil Biology and Biochemistry* 31:1603-1608.
- Cammeraat, L. H. y Imeson A. C. 1998. Deriving indicators of soil degradation from soil aggregation studies in Southeastern Spain and Southern France. *Geomorphology* 23:307-321.
- Campo, J., Maass J.M., Jaramillo V.J., Martínez-Yrizar A. y Sarukhán J. 2001. Phosphorus cycling in a Mexican tropical dry forest ecosystem. *Biogeochemistry* 53:161-179
- Caravaca, F., Barea J. M. y Roldán A. 2002. Synergistic influence of an arbuscular mycorrhizal fungus and organic amendment on *Pistacia lentiscus* L. seedlings afforested in a degraded semi-arid soil. *Soil Biology and Biochemistry* 34:1139-1145.

- Castellanos, J. 1997. Efecto de la roza tumba y quema sobre la dinámica de las raíces finas de una selva baja caducifolia. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.
- Castellanos, J., Jaramillo V.J., Sanford Jr. R.L., Kauffman J.B. 2001. Slash-and-burn effects on fine root biomass and productivity in a tropical dry forest ecosystem in México. *Forest Ecology and Management* 148:41-50.
- Castillo, X. y Joergensen R.G. 2001. Impact of ecological and conventional arable management systems on chemical and biological soil quality indices in Nicaragua. *Soil Biology and Biochemistry*. 33:1591-1597.
- Ceballos, G. y García A. 1995. Conserving neotropical biodiversity: the role of dry forests in western Mexico. *Conservation Biology* 9:1349–1356.
- Chander, K., Goyal S., Nandal D.P. y Kapoor K.K. 1998. Soil organic matter, microbial biomass and enzyme activities in a tropical agroforestry system. *Biology and Fertility of Soils* 27:168-172.
- Chapin, F.S., Matson P. y Mooney H.A. 2002. *Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology*. Springer. USA 436pp.
- Chappell, N. A., Ternan J. L., y Bidin K. 1999. Correlation of physicochemical properties and sub-erosional landforms with aggregate stability variations in a tropical Ultisol disturbed by forestry operations. *Soil and Tillage Research*. 50:55 71.
- Cotler, H., Durán E. y Siebe C. 2002. Caracterización morfo-edafológica y calidad de sitio de un bosque tropical caducifolio. En: Noguera, F., Vega, J., García-Alderete, A. y M. Quesada (eds). *Historia Natural de Chamela*, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. 17-79.
- Cotler, H. y Ortega-Larrocea M. P. 2006. Effects of land use on soil erosion in a Mexican tropical dry forest ecosystem. *Catena* 65:107-117.
- Daily, G.C. 1997. *Natures Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington DC.
- De Ita-Martínez, C. y V. Barradas. 1986. El clima y los patrones de producción agrícola en una selva caducifolia de la costa de Jalisco, México. *Biotica* 11:237-245.
- Debosz, K., Rasmussen P.H. y Pedersen A.R. 1999. Temporal variations in microbial biomass carbon and cellulolytic enzyme activity in arable soils: effects of organic matter input. *Applied Soil Ecology* 13:209-218.

- Deng, S.P., Tabatabai M.A. 1996. Effect of tillage and residue management on enzyme activities in soils. II Glycosidases. *Biology and Fertility of Soils* 22:208-213.
- Dick, R.P. 1992. A review: long-term effects of agricultural systems on soil biochemical and microbial parameters. *Agriculture Ecosystem Environments*. 40:25-36.
- Dick, W.A. y Tabatabai M.A. 1993. Significance and potential uses of soil enzymes. En: Blaine Metting F.Jr.(eds.). *Soil microbial ecology*. Marcel Dekker. New York, 95-127 pp.
- Dick, R.P. 1994. Soil enzymes activities as indicators of soil quality. En: Doran, J.W. (Ed.). *Defining Soil Quality for Sustainable Environment*. SSSA Special publication, 35. SSSA y ASA, Madison, WI 107-124 pp.
- Dighton, J., Anwars S., Bonilla M., Rubén A. y Martínez N. 2000. Determinants of leaf litter patchiness in mixed species New Jersey Pine barrens and its possible influence on soil and soil biota. *Biology and Fertility of Soils* 31:288–293.
- Dinesh, R., Chaudhuri S. G. y Sheeja T.E. 2004. Soil Biochemical and microbial indices in wet tropical forest: Effects of deforestation and cultivation. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 167:24-32.
- Doran, J.W. y Safley M., 1997. Defining and assessing soil health and sustainable productivity. In: Pankhurst, C.E., Doube, B.M., Gupta, V.V.S.R. (eds.), *Biological Indicators of Soil Health*. CAB International, New York, 1–28 pp.
- Doran, J.W. y Zeiss M.R. 2000. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology* 15: 3–11.
- Dumanski, J., Gameda S. y Pieri C. 1998. Indicators of land quality and sustainable land management. The World Bank, Washinton DC, USA.
- Duxbury, J. M., Smith M. S., Doran J. W., Jordan C., Szott L. y Vance E. 1989. Soil Organic Matter as a Source and a Sink of Plant Nutrients, in Coleman, D. C., Oades, J. M., Uehara, G. (eds.), *Dynamics of Soil Organic Matter in Tropical Ecosystems*. University of Hawaii Press, Honolulu, 33–67 pp.
- Echavarria-Cháirez, F., Serna-Pérez A., Bañuelos-Valenzuela R., Salinas-González H., Flores-Najera MJ., Gutiérrez-Luna R. Degradación física de los suelos de pastizal bajo pastoreo continuo en el Altiplano de Zacatecas. Folleto científico No. 11, instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

- Eivazi, F. y Tabatabai M.A. 1988. Glucosidases and galactosidase in soils. *Soil Biology and Biochemistry* 20:601-606.
- Eldor, A. P. 2007. *Soil Microbiology and Biochemistry* 3^o Edition. Academic Press in imprint of Elsevier. Inacre Houser, Jordan Hill, Oxford UK.
- FAO-PNUMA. 1983. Directrices para el control de la degradación de suelos. Roma.
- Filip, Z. 2002. International approach to assessing soil quality by ecologically-related biological parameters. *Agriculture Ecosystems and Environment* 88:169-174.
- Flores, V.O. y Gerez P., 1994. Biodiversidad y Conservación en México: Vertebrados, Vegetación y Uso del Suelo, 2nd Ed. CONABIO, UNAM, México.
- Frostegård, Å. y Bååth E. 1996. The use of phospholipid fatty acid analysis to estimate bacterial and fungal biomass. *Biology and Fertility of Soils* 22: 59-65
- García-Izquierdo, C., Gil-Sotres F., Hernández-Fernández T. y Trasar-Cepeda C. 2003. Técnicas de Análisis Bioquímicos en suelos: Medida de Actividades Enzimáticas y Biomasa Microbiana. GGHT Ediciones y Mundi-Prensa, España 371 pp.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- García-Oliva, F. y Paz-Tapia M. 2001. Dinámica estacional de la biomasa de las raíces finas asociada a agregados del suelo en un ecosistema tropical estacional. *Boletín de la sociedad Botánica de México* 069:15-21.
- García-Oliva, F., Gallardo J. F., Montañó N. M. e Islas P. 2006. Soil carbon and nitrogen dynamics followed by a forest-to-pasture conversion in western Mexico. *Agroforestry Systems* 66:93-100.
- García-Oliva, F. y Maass J. M. 1998. Efecto de la Transformación de la Selva a Pradera Sobre la Dinámica de los Nutrientes en un Ecosistema Tropical Estacional en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 62:39-48.
- García-Oliva, F., Camou, A. y Maass J.M. 2002. El clima de la región central de la costa del Pacífico mexicano. En: Noguera, F., Vega, J., García-Alderete, A. y M. Quesada (eds). *Historia Natural de Chamela*, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F., México, 568 pp.
- García-Oliva, F., Casar I., Morales P. y Maass J.M. 1994. Forest-to-pasture conversion influences on soil organic carbon dynamics in a tropical deciduous forest. *Oecologia* 99:392-396.

- García-Oliva, F., Maass J.M. y Galicia L. 1995. Rainstorm analysis and rainfall erosivity of a seasonal tropical region with a strong cyclonic influence on the Pacific Coast of Mexico. *Journal of Applied Meteorology*. 34:2491-2498.
- Gewin, V.L., Kennedy A.C., Veseth R., Miller B.C., 1999. Soil quality changes in eastern Washington with Conservation Reserve Program (CRP). *Journal of Soil and Water Conservation*. 54:432–438.
- Gil-Sotres, F., Trasar-Cepeda C., Leirós M.C. y Seoane S. 2005. Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties. *Soil Biology and Biochemistry* 37:877-887.
- Hallett, P.D., Feeney D.S., Bengough A.G., Rilling C., Scrimgeour C.M., Young IM. 2009. Disentangling the impact of AM fungi versus roots on soil structure and water transport. *Plant Soil* 314:183-196.
- Hart, R.H. y Loveland C.S. 1989. Objectives of grazing trials. En: Marten, G.C. (eds.). *Grazing Research: Design, Methodology and Analysis*. CSSA special publication nº 16. Madison, Wisconsin, 1-5 pp.
- Hayano, K. y Tubaki K. 1985. Origin and properties of glucosidase activity of tomato field soil. *Soil Biology and Biochemistry* 17:553-557
- Hayano, K. 1996. Characterization and origin of protease activity in cultivated soils. *Japan Agricultural Research Quarterly* 30:79-84.
- Haynes, R.J. y Beare M.H. 1996. Aggregation and organic matter storage in meso-thermal, humid soils. In: Carter MR, Stewart BA (eds), *Advances in soil science. Structure and organic matter storage in agricultural soils*. CRC Lewis, Boca Raton, 213–262 pp.
- Hedlund, K. 2002. Soil microbial community structure in relation to vegetation management on former agricultural land. *Soil Biology and Biochemistry* 34:1299-1307.
- Hernández-Hernández, R.M., Ramírez E., Castro I., Cano S. 2007. Changes in quality indicators of hillside soils reforested with Pines (*Pinus caribaea*) and Eucalyptus (*Eucalyptus robusta*). *Agrociencia* 42:253-266.
- Hernández-Hernández, R. M., y López-Hernández D. 2002. Mineralization and microbial biomass in savanna soil aggregates under two different types of tillage. *Soil Biology and Biochemistry* 34:1563-1570.
- Hobbie, S. E. 1992. Effects of Plant Species on Nutrient Cycling. *TREE* 10:336-339.

- Hughes, F.R., Kauffman J.B. y Jaramillo V.J. 2000. Ecosystem-scale impacts of deforestation and land use in a humid tropical region of Mexico. *Ecological Applications* IPCC 10:515-527.
- Hünneimyer, J.A., De Camino, R. y Müller, S. 1997. Análisis del desarrollo sostenible en Centroamérica: Indicadores para la agricultura y los recursos naturales. IICA/GTZ. San José, Costa Rica.
- Jaramillo, V.J. y Stanford Jr. R.L., 1995. Nutrient cycling in tropical deciduous forest. P. 346-361. In: Bullock, S.H., H.A. Mooney & E. Medina (eds.) *Seasonally dry tropical forest*. Cambridge University Press, Cambridge, 450 pp.
- Jaramillo, V. J., Boone-Kauffman J., Rentería-Rodríguez L., Cummings D.L. y Ellingson L.J. 2003. Biomass, Carbon, and Nitrogen pools in Mexican Tropical Dry Forest Landscapes. *Ecosystems* 6:609-629.
- Jaramillo, V.J. 1992. El fuego en la biogeoquímica en un ecosistema tropical estacional. *Ciencias* 43:41-43.
- John, B., Pandey H. N., y Tripathi R. S. 2002. Decomposition of fine roots of *Pinus kesiya* and turnover of organic matter, N and P of coarse and fine pine roots and herbaceous roots and rhizomes in subtropical pine forest stands of different ages. *Biology and Fertility of Soils* 35:238–246
- Karlen, D.L., Mausbach M.J., Doran J.W., Cline R.G., Harris R.F. y Schuman G.E. 1997. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. *Soil Science of America Journal* 61:4-10
- Kleinman, P.J.A, Pimentel D. y Bryant R.B. 1995. The ecological sustainability of slash-and-burn agriculture. *Agriculture Ecosystems and Environment* 52:235-249
- Klose, S. y Tabatabai M.A., 2000. Urease activity of microbial biomass in soils as affected by cropping systems. *Biology and Fertility of Soils* 31:191-199.
- Ladd, J.N. y Paul E.A., 1973. Changes in enzymatic activity and distribution of acidsoluble, amino acid-nitrogen in soil during nitrogen immobilization and mineralization. *Soil Biology and Biochemistry* 5:825-840.
- Ladd, J.N y Butler J.H. 1972. Short-term assay of soils proteolytic enzyme activities using proteins and dipeptide derivatives as substrates. *Soil Biology and Biochemistry* 4:19-30.
- Ladd, J.N., Foster R.C., Nannipieri P. y Oades, J.M. 1996. Soil structure and biological activity. En: Stotzky, G. y Bollag, J.M. (eds.), *Soil Biochemistry*, vol 9. Dekker, Nueva York, 23-78 pp.

- Larson, W. y Pierce F. 1994. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. *Soil Science Society of America* 677:37-51.
- Leirós, M.C., Trasar-Cepeda C., Seoane S. y Gil-Sotres F. 2000. Biochemical properties of acid soils under climax vegetation (Atlantic oakwood) in an area of the European temperate-humid zone (Galicia, NW Spain): general parameters. *Soil Biology and Biochemistry* 32:733-745.
- Lott, E.J. 2002. Lista anotada de las plantas vasculares de Chamela-Cuixmala. En: Noguera F. A., Vega J. H., García-Aldrete A. N. and Quesada M (eds.), *Historia Natural de Chamela*. Instituto de Biología UNAM, México, 99-136 pp.
- Maass, J.M. 1995. Conversion of tropical dry forest to pasture and agriculture. En: Bullock S.H., Mooney H.A. y Medina E. (eds) *Seasonally Dry Tropical Forests*. Cambridge University Press, USA.
- Maass, J. M., Jaramillo V.J., Martínez-Yrizar A., García-Oliva F., Pérez-Jiménez A. y Sarukhán J. 2002. Aspectos Funcionales del Ecosistema de Selva Baja Caducifolia en Chamela, Jalisco. En: Noguera F. A., Vega J. H., García-Aldrete A. N. y Quesada M. (eds.), *Historia Natural de Chamela*. Instituto de Biología UNAM, México.
- Martínez-Trinidad, S., Cotler H., Etchevers-Barra J.D., Ordaz-Chaparro V.M. y León-González F. de 2008. Effect of management on Soil Aggregation in a Tropical Dry Ecosystem. *Tierra Latinoamericana* 26:299-307
- Martínez-Yrizar, A., Mass J.M., Pérez-Jiménez L.A. y Sarukhán J. 1996. Net primary productivity of a tropical deciduous forest ecosystem in western Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 12:169-175.
- Miles, L., Newton A. C., DeFries R. S., Ravilious C., May I., Blyth S., Kapos V. y Gordon J. E. 2006. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography* 33:491-505
- Miles-Assessment, 2003. *Ecosystems and human well-being a Framework for assessment*. Island Press.
- Murphy, P. y Lugo A. 1986. Ecology of Tropical Dry Forest. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17:67-88.
- Nannipieri, P., Ceccanti B., Cerevelli S., y Matarease E. 1980. Extraction of phosphatase, urease, protease, organic carbon and nitrogen from soil. *Soil Science Society of American Journal* 44:1011-1016.

- Nsabimana, D., Haynes R. J., y Wallis F. M. 2004. Size, activity and catabolic diversity of the soil microbial biomass as affected by land use. *Applied Soil Ecology* 26: 81–92
- Olsen, S.R., Cole C.V., Watanabe F.S., Dean L. A. 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. Department of Agriculture, EE.UU. Cir. No.939.
- Olson, D.M., Dinerstein E., Abell R., Allnutt T., Carpenter C., McClenachan L., D'Amico J., Hurley P., Kassem K., Strand H., Taye M., Thieme M. 2000. The global 200: a representation approach to conserving the Earth's distinctive ecoregions. Conservation Science Program, World Wildlife Fund-US, Washington.
- Olsson, P.A. y Johansen A., 2000. Lipid and fatty acid composition of hyphae and spores of arbuscular mycorrhizal fungi at different growth stages. *Mycological Research*. 104: 429-434.
- Pankhurst, C.E., Doube B.M., Gupta V.V.S.R., 1997. Biological indicators of soil health: synthesis. In: Pankhurst, C.E., Doube, B.M., Gupta, V.V.S.R. (eds.), *Biological Indicators of Soil Health*. CAB International, New York 419–435 pp.
- Porta, Casallenas J. y López Acevedo M.R. 2006 *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Edit. Mundi-prensa, Madrid 929 pp.
- Porta, J., López-Acevedo M. y Poch R.M. 2008. *Introducción a la Edafología: uso y protección del suelo*. Edit. Mundi-prensa, Madrid 451 pp.
- Priha, O., Grayston S. J., Hiukka R., Pennanen T., y Smolander A. 2001. Microbial community structure and characteristics of the organic matter in soils under *Pinus sylvestris*, *Picea abies* and *Betula pendula* at two forest sites. *Biology and Fertility of Soils* 33:17-24.
- R, Development Core Team. 2009. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Viena, Austria. 2.11.1, 2010-05-31, URL <http://www.R-project.org>.
- Rastin, N., Rosenplänter K. y Hüttermann A. 1988. Seasonal variation of enzyme activity and their dependence of certain soil factors in a beech forest soil. *Soil Biology and Biochemistry* 20:637-642.
- Regalado, A. 2000. *La fundación de la Villa de Purificación*. H. Ayuntamiento Constitucional de Purificación, Jalisco, 225 pp.

- Rendón-Carmona, H., Martínez-Yrizar A., Balvanera P. y Pérez-Salicrup D. 2009. Selective cutting of woody species in a Mexican tropical dry forest: incompatibility between use and conservation. *Forest Ecology and Management* 257:567-579.
- Reyes, O.A.L. 2002. Calidad del suelo: indicadores microbiológicos, propiedades bioquímicas y actividad enzimática. XX curso diplomado Internacional de edafología "Nicolas Aguilera". Facultad de ciencias. UNAM. México.
- Rodríguez, R. 1999. Cartografía morfogenética jerárquica a tres escalas del área del microbloque El Colorado, Chamela, Jalisco. Tesis Licenciatura, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México, DF.
- Romero-Duque, L.P., Jaramillo V.J., y Pérez-Jiménez A. 2007. Structure and diversity of secondary tropical dry forests in Mexico, differing in their prior land-use history. *Forest Ecology and Management* 253:38-47.
- Ross, D.J. 1975. Studies on a climosequence of soils in tussock grasslands. Invertase and amylase activities of topsoils and their relationships with other properties. *New Zealand Journal of Science* 18:511-518.
- Rzedowski, J., 1978. Vegetación de México. Editorial Limusa, México
- Sánchez-Azofeifa, G., Quesada M., Cuevas-Reyes P., Castillo A., Sánchez-Montoya G. 2009. Land cover and conservation in the area of influence of the Chamela-Cuixmala Biosphere Reserve, Mexico. *Forest Ecology and Management* 258:907-912.
- Sandoval-Pérez, A L. 2007. Dinámica enzimática estacional asociada a carbono, Nitrógeno y fósforo del suelo en un ecosistema tropical seco transformado. Tesis Licenciatura Químico Fármaco Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Sandoval-Pérez, A.L., Gavito M.E., García-Oliva F., Jaramillo V.J. 2009. Carbon, nitrogen, phosphorus and enzymatic activities in soils under different land use types in a tropical dry ecosystem. *Soil Use and Management*. 25: 419-426
- Sasser, M. 1990. Identification of bacteria through fatty acid analysis. En: *Methods in Phytobacteriology*. Clement Z., Rudolph K., Sands D.C. (eds). Akadémiai Kiadó, Budapest 199-204 pp.
- Schaff, P. 2002. Geología y geofísica de la costa de Jalisco. En: Noguera, F., Vega, J., García-Alderete, A. y Quesada M. (eds). *Historia Natural de Chamela*, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F., México, 11-16pp.

- Schimel, J.P. 2001. Biogeochemical models: implicit vs. explicit microbiology. In: Global Biogeochemical Cycles in the Climate System. Schulze E.D, Harrison S.P, Heimann M, Holland E.A. Lloyd J.J., Prentice I.C., and Schimel D. (eds). Academic Press 177-183 pp.
- Schinner, F. y von Mersi W. 1990. Xylanasa, CM-cellulase and invertase activity in soil and improved method. *Soil Biology and Biochemistry* 22:511-515.
- Seybold, C. A. y Herrick J. E. 2001. Aggregate stability kit for soil quality assessments. *Catena* 44: 37-45.
- Shaykh, M. M. y Roberts L. W. 1974. A histochemical study of phosphatases in root apical meristems. *Annals of Botany* 38:165-174.
- Siebe, C., Jahn R. y Stahr K. 2006. Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en el campo. Publicación especial 4. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México.
- Singh, S. y Singh J.S. 1995. Microbial biomass associated with water-stable aggregates in forest, savanna and cropland soils of a seasonally dry tropical region, India. *Soil Biology and Biochemistry* 8:1027-1033.
- Skujins, J. 1973. Dehydrogenase: an indicator of biological activities in arid soils. *Bulletin Ecological Research Communication*, 17:235–241.
- Soper, D.S. 2012. "p-Value Calculator for Correlation Coefficients (Online Software)", <http://www.danielsoper.com/statcalc>
- Sparling, G.P., Speir T.W., Whale K.N. 1986. Changes in microbial biomass C, ATP content, soil phosphomonoesterase and phospho-diesterase activity following air-drying of soils. *Soil Biology and Biochemistry*. 18:363–370.
- Speir, T.W., Ross D.J. 2002. Hydrolytic enzyme activities to assess soil degradation and recovery. In: Burns, R.G., Dick, R.P. (eds.) *Enzymes in the Environment: Activity, Ecology and Applications*. Marcel Dekker, New York, 407–431 pp.
- Staben, M.L., Bezdicek D.F., Smith J.L., y Fauci M.F. 1997. Assessment of soil quality in conservation reserve program and wheat-fallow soils. *Soil Science Society of America Journal* 61:124-130.
- Tabatabai, M. 1994. Soil enzymes. In: Weavve R. W., Angle J. S. and Bottomley P.S., Besdizek D., Smith S., Tabatabai A., Wollum A. (eds). *Methods of soil analysis. Part 2. Microbial and Biochemical properties*. Soil Science of America. USA. 775-834 pp

- Tarafdar, J.C., Claassen N. 1988. Organic phosphorus compounds as a phosphorus source for higher plants through the activity of phosphatases produced by plant roots and microorganisms. *Biology and Fertility of Soils* 5:308–312
- Tate, R.L. 2000. *Soil Microbiology*. John Wiley and sons, New York, 508 pp.
- Topp, G. C., Reynolds W. D., Cook F. J., Kirby J. M. y Carter M. R. 1996. Physical attributes of soil quality. pp. 21-58. In: Gregorich E. G. y Carter M. R. (eds.). *Soil quality for crop production and ecosystem health*. Elsevier. Amsterdam, The Netherlands.
- Tousend, S., Trumbore E. y Vitousek P. M., 1995. Soil Organic matter dynamics along gradients in temperature and land use on the island of Hawaii. *Ecology* 76:721-733.
- Trásar-Cepeda, C., Leiros M.C., Gil-Sotres F. 2000. Biochemical properties of acid soils under climax vegetation (Atlantic oakwood) in an area of the European temperate-humid zone (Galicia, NW Spain): specific parameters. *Soil Biology and Biochemistry*. 32:747– 755.
- Trejo, I. y Dirzo R. 2000. Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. *Biological Conservation* 94:133–142.
- Trejo, I. y Dirzo R. 2002. Floristic diversity of Mexican seasonally dry tropical forests. *Biodiversity and Conservation* 11:2063–2048.
- Vázquez-Yanes, C. y Batis A.I. 1996. Adopción de árboles nativos valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. *Boletín de la Sociedad de Botánica de México* 58:75–84.
- Vitousek, P.M. y Walker L.R. 1989. Biological invasion by *Myrica faya* in Hawaii: plant demography, nitrogen fixation, ecosystem effects. *Ecological Monographs*, 59:247–265.
- Vogt, K.A., Grier C.C. y Vogt D.J. 1986. Production, turn-over and nutrient dynamics of above-and belowground detritus of world forest. McFadyen A. y Ford E.D. (eds). *Advances in Ecological Research*. Academic Press. London, 303-377.
- Walkley, A. 1947. A Critical Examination of a Rapid Method for Determination of Organic Carbon in Soils - Effect of Variations in Digestion Conditions and of Inorganic Soil Constituents. *Soil Science* 63:251-257.
- Whisenant, S.G. 1999. *Repairing damaged wildlands: A process-orientated, landscape-scale approach*. Cambridge, U.K: Cambridge University Press 312 pp.
- White, D. C. y Ringelberg D. B. 1998. Signature Lipid Biomarker Analysis. In: Burlage R. S., Atlas R., Stahl D., Geesey G. y Saylor G. (eds.) *Techniques in Microbial Ecology*. Oxford University Press, New York, 255-272.

Yamaguchi, T., Takei T., Yazawa Y., Wong M. T. F., Gilkes R. J., y Swift R. S. 2004. Effect of humic acid, sodium, and calcium additions on the formation of water-stable aggregates in Western Australian wheat belt soils. *Australian Journal of Soil Research*. 42:435-439

ANEXO

Descripción del perfil. Parcela 1

1. Información acerca de la localidad

- a. Número de perfil: 1
- b. Nombre del sitio: parcela 1, Santa Cruz de los otates Chamela Jalisco.
- c. Clasificación del suelo: Haplic CAMBISOL, Distric, Densic.
- d. Fecha de la descripción: Enero 2010
- e. Autor: Fabiola Murguía Flores
- f. Localización: aproximadamente a 10 km de la carretera Manzanillo-Puerto Vallarta por la entrada al ejido de Juan Gil Preciado N:19°35.705´ W: 105°02.501´
- g. Altitud: 122msnm
- h. Forma del terreno.

Posición fisiográfica: ladera convexa en perfil y superficie
Forma del terreno circundante: ondulado, lomeríos bajos
- i. Pendiente: escarpado 20°, exposición: S
- j. Uso del suelo o vegetación: Potreros abandonados con vegetación de selva baja.
- k. clima: Aw₀i; el más cálido de los subhúmedos con sequía intraestival. Precipitación media anual: 788 mm con oscilaciones fuertes (hasta de 2000 mm). El 80% de lluvias se presenta en invierno. La temperatura media anual es de 25°C y la diferencia entre verano e invierno es menor de 5° C. la evapotranspiración potencial es de 1283 mm. (Datos provenientes de la estación meteorológica de la Estación Biológica de la UNAM).

2. Información acerca del suelo.

- a. Material parental: rocas graníticas metamorfizadas
- b. Drenaje natural: moderado
- c. Condiciones de humedad en el perfil: seco (perfil cavado sobre ladera con exposición sur).
- d. Profundidad del manto freático: desconocida, no afecta el perfil.
- f. Evidencia de erosión: hídrica
- g. Presencia de sales: ninguna.
- h. Influencia humana: sitio de pastoreo de ganado bovino

1. Descripción breve del perfil.

Perfil profundo, con una profundidad fisiológica mediana ya que las raíces pueden penetrar hasta los 35 cm de profundidad, predominan los colores amarillo-rojizos, con pedregocidad del 10 al 25%, poca acumulación de materia orgánica en los primeros horizontes, con densidades aparentes de media a alta, la estabilidad de los agregados va de muy baja a alta. De acuerdo a las características que mostro el perfil, se puede ver que el agua disponible para las plantas (dCC) es baja al igual que la capacidad de campo, tiene una capacidad de aireación de mediana a baja. Este perfil mostro un drenaje natural moderado y el riesgo de erosión hídrica es alto. (La hoja de campo se puede ver en el anexo 1)



- Ah 0-7 Color en húmedo 2.5Y 3/3, con textura Franca limosa fina, mostró un volumen de piedras del 10%, con 2.5% de materia orgánica aproximadamente, con pH ligeramente ácido 6, sin presencia de carbonatos. El tipo de agregados fue subangular en bloques de tamaño finos y medianos de grado moderado a fuerte, la estabilidad de los mismos en agua fue muy baja. La abundancia de poros in-ped fue poca de tamaño fino de forma vesicular y tubular. Tuvo una densidad aparente de 1.4 (mediana) y una densidad de raíces alta.
- Bw 7-35 Color en húmedo 7.5 YR 5/2, con textura Franca arcillo limosa, con un volumen de piedras del 8%, con 2.9% de materia orgánica aproximadamente, con pH ligeramente ácido 6, sin presencia de carbonatos. El tipo de agregados fue subangular en bloques de tamaño grueso y de grado fuerte, la estabilidad de los mismos en agua fue baja. La abundancia de poros in-ped fue alta de tamaño fino de forma vesicular, tubular y esférica en el perfil se observaron algunas grietas. La densidad aparente fue alta y la densidad de raíces baja, limite difuso y uniforme.
- BCg 35-70 Color 5YR 4/6 con textura franco arcillo arenosa, con un volumen de piedras del 20 % pH ligeramente ácido de 6. Con agregados subangulares en bloques de tamaño que va de finos a muy gruesos de grado fuerte, también se observa fragmentos de roca intemperizada y evidencias de óxido-reducción en algunos agregados; la estabilidad de los agregados en agua fue alta y una densidad aparente mediana, la presencia de raíces fue nula en este horizonte y el límite es gradual.
- C 70-100 Color 5YR 4/6 con textura franco limosa fina, pedregosidad del 20%, pH ligeramente ácido. Los agregados son granulares, de tamaño fino y de grado fuerte, su estabilidad en agua es alta. Los poros in-ped son pocos, finos y vesiculares, en el perfil se observaron algunas grietas.

5. interpretación de las características del suelo:

Procesos pedogenéticos dominantes:

El material parental muestra evidencias de intemperismo en el horizonte más profundo. Hay acumulación de materia orgánica en los primeros dos horizontes, el tipo de humus es Mull, el horizonte Bw se ve una textura más fina con respecto al Horizonte BCg, lo que puede tratarse de formación de arcillas minerales in-situ. Se observan procesos de óxido-reducción en los horizontes BCg y C.

Características ecológicas;

El suelo tiene una profundidad fisiológica mediana, la evaluación del espacio poroso total va de medio a bajo, la capacidad de aireación va de media a baja, la capacidad de agua disponible y la capacidad de campo son bajas. La conductividad hidráulica es mediana a baja el drenaje natural es moderado. El riesgo de erosión hídrica es alto. La capacidad de intercambio catiónico es regular a baja y la evaluación de bases intercambiables es baja. El tipo de humus es de tipo Mull, y en base a este parámetro se pudo estimar que el nitrógeno total debe ser mediano alto, el nitrógeno disponible, mediano, y el fósforo disponible es mediano-alto.

Descripción del perfil. Parcela 2

1. Descripción breve del perfil.

1. Información acerca de la localidad

- a. Número de perfil: 2
- b. Nombre del sitio: parcela 2, Santa Cruz de los otates Chamela Jalisco.
- c. Clasificación del suelo: Haplic, CAMBISOL.
- d. Fecha de la descripción: Enero 2010
- e. Autor: Fabiola Murguía Flores
- f. Localización: aproximadamente a 10 km de la carretera Manzanillo-Puerto Vallarta por la entrada al ejido de Juan Gil Preciado N 19° 35.694', W 105° 02.678'
- g. Altitud: 118 msnm
- h. Forma del terreno:
 - Posición fisiográfica: ladera convexa en perfil y superficie
 - Forma del terreno circundante: ondulado, lomeríos bajos
- i. Pendiente: escarpado 18°, exposición: S
- j. Uso del suelo o vegetación: Potreros abandonados con vegetación de selva baja.
- k. clima: Aw₀i; el más cálido de los subhúmedos con sequía intraestival. Precipitación media anual: 788 mm con oscilaciones fuertes (hasta de 2000 mm). El 80% de lluvias se presenta en invierno. La temperatura media anual es de 25°C y la diferencia entre verano e invierno es menor de 5° C. la evapotranspiración potencial es de 1283 mm. (Datos provenientes de la estación meteorológica de la Estación Biológica de la UNAM).

2. Información acerca del suelo.

- a. Material parental: rocas graníticas metamorfizadas
- b. Drenaje natural: moderado

- c. Condiciones de humedad en el perfil: seco (perfil cavado sobre ladera con exposición sur).
- d. Profundidad del manto freático: desconocida, no afecta el perfil.
- f. Evidencia de erosión: hídrica
- g. Presencia de sales: ninguna.
- h. Influencia humana: sitio de pastoreo de ganado.

3 .Descripción breve del perfil

Perfil poco profundo con drenaje moderado predominan los colores cafés, con pedregocidad del 10 al 25%, sin presencia de sales ni carbonatos, la densidad aparente va de baja a mediana y presenta una profundidad fisiológica mediana (40 cm). La densidad es muy alta en el primer horizonte pero se observaron raíces dentro de los primeros 40 acm. (La hoja de campo se puede ver en el anexo 1)



4. descripción del perfil:

- Ah 0-7 Color en húmedo 7.5 YR3/3, con textura arcillo arenosa, pedregosidad del 10%, un pH ligeramente ácido 6, un porcentaje de materia orgánica mediana 3.2, el tipo de agregados fue subangular en bloques de tamaños medio, fino y gruesos, de grado moderado a fuerte, con una estabilidad de los mismos baja. También se observaron poros en abundancia común, de tamaño fino de forma vesicular y tubular principalmente in-ped.
- Bh 7-35 Color en húmedo 10YR 3/6, con textura franco limosa fina, con un volumen de piedras del 10%, con 2.5% de materia orgánica aproximadamente, con pH ligeramente ácido 6, sin presencia de carbonatos. El tipo de agregados fue subangular en bloques y granulares, de tamaño mediano y grueso y de grado fuerte, la estabilidad de los mismos en agua fue muy baja. La abundancia de poros in-ped fue alta de tamaño fino de forma vesicular, se observaron algunas grietas. La densidad aparente fue media y la densidad de raíces mediana, limite difuso y uniforme.
- BC 34-69 Color 10YR 4/6 con textura franca arenosa, con un volumen de piedras del 20 % pH ligeramente ácido de 6. Con agregados granulares de tamaño muy fino de grado fuerte, la estabilidad de los agregados en agua fue mediana y una densidad aparente alta, la presencia de raíces fue nula en este horizonte y el límite es claro.

5. interpretación de las características del suelo:

Procesos pedogenéticos dominantes:

Se puede observar el intemperismo que ha sufrido la roca parental, hay acumulación de materia orgánica en los primeros horizontes. La textura de los horizontes superficiales es más fina que el horizonte más profundo por lo que se puede deber a la neo formación de arcillas en el sitio.

Características ecológicas;

La profundidad fisiológica del perfil fue mediano de 40 cm, el volumen poroso total va de alto a bajo, la capacidad de aireación va de baja a mediana, la capacidad de disponibilidad de agua es baja y la capacidad de campo es muy baja. El drenaje natural es moderado y el riesgo de erosión hídrica es mediano. La evaluación de bases intercambiables es regular al igual que la capacidad de intercambio catiónico. El tipo de humus es Mull, y la evaluación de nitrógeno total es baja, el nitrógeno disponible es mediano y el fosforo disponible es muy alto.

Hoja de campo parcela 1

Localidad Parcela 1, los Otates, Chamela Jalisco																		
Levantamiento de Campo	Fecha:	N: 19° 35.705'	Mapa No	clima: Aw 01			Uso del suelo/vegetación: potrero, selva baja			Forma del terreno: ladera convexa en perfil y sup.			Unidad de paisaje: conjunto de lomerios					
	Autor:	W: 105° 02.501'	m.s.n.m: 122	época seca: octubre a mayo		°C: 24,6	delta °C		Inclinación: 20° escarpado			Material Parental: roca granítica metamorfozada						
	estado del tiempo: sin precipitación en los ultim. 7	Precipitación (mm): 788		F: D: DAC:			Evidencia de erosión: hídrica											
	Prof. (cm):	Textura	Pedras (Vol %)	Color (húmedo)		pH	Sales o C.E. 1:25	m.o (%)	CaCO3 (%)	húmedad	Estructura	Estabilidad de agregados	Poros		dens. Aparente	dens. Raíces	limite	horizonte
													abundancia, tamaño, forma, distribución					
	0 a 7	CLf	10	2.5 Y3/3		6		2.5	0		subbloq, f,m,g,mod, fuer	muy baja	pocos, fin, vesic, tub, in-p		1.4	muy alta		Ah
	7 a 35	CRL	8	7,5 YR 5/2		6		2.9	0		subbloq, gr, muy fuert	baja	abundant, finos, vesic, tu		1.6	baja	dif	Bw
	35 a 70	CRA	20	5 YR 4/6		6			0		subbloq, fin, fuerte	alta	reg, fin, vesic, tub, in-ped		1.4	nula	grad	BCg
	70 a 100	CLf	20	5 YR 4/6		6			0		gran, fin, fuerte	alta	abun, grietas, pocos, fin,		1.6	nula		C
	prof. de desarrollo		cm.		princ. espacio radicular de			0 a 35 cm.			clasificación del suelo:						fase:	
prof. max. de raíces		35 cm		nivel piezométrico actual:			nivel piezométrico medio:						Tipo de humus: Mull					

evaluación ecológica	espesor (dm)	penetrabilidad de raíces	VPT		CA		dCC		CC		Kf		CIC		Bases intercambiables			Humus	Nt	Nd
			Vol %	Evaluación	Vol %	Evaluación	Vol. %	L/m2	Vol %	L/m2	cm/d	Evaluación	cmol/kg	evaluación	cmol/kg	mol/m2	Ah x 1 otro. X o.5	Kg/m2	Kg/m2	g/m2
	0.7		46.5	med	8.5	med	25.5		38	muy baja	med	10.5	reg	10.5	0.92	0.92	2.2	0.11	0.55	
	2.8		41.5	med	5.5	baja	15.5		36	muy baja	baja	9.8	baja	7.8	3.1	1.5	11.8	0.59	2.95	
	3.5		41	med	3	baja	12		37	muy baja	med	6	baja	6	2.3	1.15				
	3		36	bajo	4	baja	21		32	muy baja	baja	4	muy baja	4	1.5	0.75				
	prof. Fisiologica		cm.				ΣdCC: 74		ΣCC: 143		drenaje natural: moderado			ΣBI: 7.82			humus: 13	Σ Nt: 0.7	ΣNd: 3.5	
evaluación:						Evaluación: baja		Evaluación: baja		erodabilidad (Ah):			Evaluación: baja							
espacio radicular ef:		dm.								K: 0.53		Eval: alta								

Hoja de campo parcela 2

17

Localidad Parcela 2, Ejido de Santa Cruz, Chamela Jalisco																	
Levantamiento de Campo	Fecha:	N: 19°35.705'	Mapa No	clima: Aw 0 i		Uso del suelo/vegetación: potrero, selva baja				Forma del terreno: ladera convexa en perfil y sup.			Unidad de paisaje: conjunto de lomerios				
	Autor:	W: 105°02.501'	m.s.n.m: 118	época seca: octubre a mayo		°C: 24.6		delta °C		Inclinación: 18° Escarpado			Material Parental: roca granítica metamorfozizada				
	estado del tiempo: sin precipitación en los ultim. 7	Precipitación (mm): 788	F:		D:		DAC:		Exposición: S			Evidencia de erosión: hídrica					
	Prof. (cm):	Textura	Piedras (Vol %)	Color (húmedo)		pH	Sales o C.E. 1:25	m.o (%)	CaCO3 (%)	humedad	Estructura	Estabilidad de agregados	Poros	dens. Aparente	dens. Raíces	limite	horizonte
										pF	Tipo, tamaño, grado		abundancia, tamaño, forma, distribución				
	0 a 6	RA	10	7.5 YR 3/3		6		3.2	0		subbloq, med, f, g, mod	baja	com, fin, vesic, tub; gru, ir	1	muy alta		Ah
	6 a 40	CLf	10	10 YR 3/6		6		2.5	0		subbloq, m, g, fin(gran	muy baja	grietas. Com, fin, ves, irre	1.2	mediana	dif	Bh
	40 a 77	CA	20	10YR 4/6		6			0		gran, mfin, mod-debil	Med	poc, fin, irreg, vesic, griet	1.6	nula	grad	Cg
prof. de desarrollo		cm		princ. espacio radicular de 0 a 35 cm.				clasificación del suelo:				fase:					
prof. max. de raíces		35 cm		nivel piezométrico actual:				nivel piezométrico medio:				Tipo de humus: Mull					

evaluación ecológica	espesor (dm)	penetrabilidad de raíces	VPT		CA		dCC		CC		Kf		CIC		Bases intercambiables			Humus	Nt	Nd
			Vol %	Evaluación	Vol %	Evaluación	Vol. %	L/m2	Vol %	L/m2	cm/d	Evaluación	cmol/kg	evaluación	cmol/kg	mol/m2	Ah x 1 otro. X o.5	Kg/m2	Kg/m2	g/m2
	0.6		56.5	alto	6.5	baja	16.5		50	muy baja	40-300	muy alta	13.7	reg	9.59	0.51	0.51	1.72	0.086	0.43
	3.4		47.5	med	7.5	med	17.5		40	muy baja	10 a 40	med	10.5	reg	8.4	2.93	1.4	8.16	0.04	2.04
	3.7		32	bajo	7	med	17		25	muy baja	1 a 10	baja	2	muy baja	17	9	4.5			
	prof. Fisiologica		40 cm.				ΣdCC: 53		ΣCC: 115		drenaje natural: moderado			ΣBI: 12.4			humus: 9		Σ Nt: 0.48	
evaluación: mediano						Evaluación: baja		Evaluación: muy baja		erodabilidad (Ah):			Evaluación: Reg							
espacio radicular ef:		4 dm.								K: 0.47		Eval: Mediana								

Especies de herbáceas registradas en el censo (Septiembre 2010)

Familia	Genero	Especie
<i>Malvacea</i>	<i>Abutilon</i>	<i>trisulcatum</i>
<i>Acanthaceae</i>	<i>Henrya</i>	<i>insularis</i>
<i>Malvaceae</i>	<i>Acalypha</i>	<i>peluda</i>
<i>Amaranthaceae</i>		sp.
<i>Poligonaceae</i>	<i>Antigonon</i>	<i>Antigonon flavescens</i>
<i>Compositae</i>	<i>Zinnia</i>	<i>nictitans</i>
<i>Compositae</i>		sp.
<i>Sterculiaceae</i>	<i>Ayenia</i>	sp.
<i>Convolvulaceae</i>		sp.
<i>Convolvulaceae</i>	<i>Evolvulus</i>	<i>alsinoides</i>
<i>Fabaceae</i>	<i>Caesalpinia</i>	sp.
<i>Fabaceae</i>	<i>Chamaecrista</i>	<i>nictitans</i>
<i>Rhamnaceae</i>	<i>Colubrina</i>	<i>triflora</i>
<i>Apiaceae</i>		sp.
<i>Commelinaceae</i>		sp.
<i>Capparaceae</i>	<i>Cleome</i>	<i>viscosa</i>
<i>Fabaceae</i>	<i>Coursetia</i>	<i>caribaea</i>
<i>Fabaceae</i>	<i>Desmodium</i>	<i>trifoliolata</i>
<i>Acanthaceae</i>	<i>Elytraria</i>	<i>imbricata</i>
<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Euphorbia</i>	<i>colletiodes</i>
<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Euphorbia</i>	<i>heterophylla</i>
<i>Fabaceae</i>	<i>Phaseolus</i>	sp. 1
<i>Fabaceae</i>	<i>Phaseolus</i>	sp. 2
<i>Labiataeae</i>	<i>Hyptis</i>	<i>suaveolens</i>
<i>Convolvulaceae</i>	<i>Ipomea</i>	sp. 1
<i>Convolvulaceae</i>	<i>Ipomea</i>	sp. 2
<i>Convolvulaceae</i>	<i>Ipomea</i>	sp. 3
<i>Fabaceae</i>		sp. 1
<i>Fabaceae</i>	<i>Senna</i>	<i>obtusifolia</i>
<i>Fabaceae</i>	<i>Mimosa</i>	<i>quadrivalvis</i>
<i>Malvaceae</i>		sp. 1
<i>Malvaceae</i>		sp. 2
<i>Marantaceae</i>		sp.
<i>Acanthaceae</i>		sp.
<i>Fabaceae</i>		sp.
<i>Marantaceae</i>	<i>Maranta</i>	<i>arundinacea</i>
		Morfoespecie1
<i>Poaceae</i>	<i>Setaria</i>	<i>geniculata</i>
<i>Poaceae</i>	<i>Megathyrsus</i>	<i>maximus</i>
<i>Poaceae</i>	<i>Panicum</i>	<i>máximum</i>
		Morfoespecie 2
<i>Amaranthaceae</i>	<i>Amaranthus</i>	sp.
<i>Solanaceae</i>	<i>Physalis</i>	sp.

Resumen censo de vegetación herbácea, parcela 1. TE=con leñosas con pastoreo, CL=con leñosas sin pastoreo y SL=sin biomasa aérea leñosas y sin pastoreo

Nombre asignado	P1 TE				P1 CL				P1 SL				Fri
	Ari	Dri	IVI	IVRi	Ari	Dri	IVI	IVRi	Ari	Dri	IVI	IVRi	
<i>Abutilon trisulcatum</i>	0.00	0.00	0.57	0.2	0.18	0.42	1.2	0.4	0.00	0.00	0.6	0.2	0.57
<i>Henrya insularis</i>	0.16	0.11	1.42	0.5	0.00	0.00	1.1	0.4	0.18	0.22	1.5	0.5	1.14
<i>Antigonon flavescens</i>	1.48	24.98	31.60	10.5	0.00	0.00	5.1	1.7	0.00	0.00	5.1	1.7	5.14
<i>Asteracea (sp.1)</i>	0.16	0.44	1.18	0.4	0.00	0.00	0.6	0.2	0.00	0.00	0.6	0.2	0.57
<i>Ayenia sp.</i>	0.00	0.00	1.71	0.6	0.53	3.39	5.6	1.9	0.00	2.66	4.4	1.5	1.71
<i>Caesalpinia sp.</i>	0.00	0.00	0.57	0.2	0.00	0.00	0.6	0.2	0.18	0.33	1.1	0.4	0.57
<i>Chamaecrista nictitans</i>	0.82	3.67	15.35	5.1	1.58	8.61	21.1	7.0	0.88	2.34	14.1	4.7	10.86
<i>Coursetia caribaea</i>	0.00	0.00	2.29	0.8	0.18	0.42	2.9	1.0	0.53	6.47	9.3	3.1	2.29
<i>Desmodium trifoliata</i>	0.00	0.00	0.57	0.2	0.18	1.05	1.8	0.6	0.00	0.00	0.6	0.2	0.57
<i>Elytraria imbricata</i>	0.66	6.43	13.37	4.5	0.00	0.00	6.3	2.1	1.23	26.62	34.1	11.4	6.29
<i>Euphorbia colletoides</i>	0.16	0.55	3.57	1.2	0.18	0.73	3.8	1.3	0.53	3.93	7.3	2.4	2.86
<i>Euphorbia heterophylla</i>	0.00	0.00	0.57	0.2	0.18	0.73	1.5	0.5	0.00	0.00	0.6	0.2	0.57
<i>Phaseolus sp.1</i>	0.98	13.64	23.77	7.9	1.75	47.43	58.3	19.4	0.00	0.00	9.1	3.0	9.14
<i>Phaseolus sp2</i>	0.82	5.41	14.23	4.7	1.05	7.44	16.5	5.5	0.53	3.32	11.8	3.9	8.00
<i>Hyptis suaveolens</i>	0.16	0.00	2.45	0.8	0.35	1.26	3.9	1.3	0.18	1.33	3.8	1.3	2.29
<i>Ipomea sp.1</i>	0.98	22.61	27.02	9.0	0.00	0.00	3.4	1.1	0.00	0.00	3.4	1.1	3.43
<i>Ipomea sp.2</i>	0.33	0.73	5.63	1.9	0.18	0.42	5.2	1.7	0.88	5.26	10.7	3.6	4.57
<i>Leguminosa sp.1</i>	0.00	0.00	5.14	1.7	0.00	0.00	5.1	1.7	1.58	0.00	6.7	2.2	5.14
<i>Senna obtusifolia</i>	0.82	2.24	9.34	3.1	1.05	4.32	11.7	3.9	0.00	7.62	13.9	4.6	6.29
<i>Malvaceae (sp.1)</i>	0.33	0.55	2.02	0.7	0.00	0.00	1.1	0.4	0.00	0.00	1.1	0.4	1.14
<i>Acanthaceae (sp.1)</i>	0.16	1.44	2.17	0.7	0.00	0.00	0.6	0.2	0.00	0.00	0.6	0.2	0.57
<i>Maranta arudinaceae</i>	0.33	6.44	11.91	4.0	0.53	3.02	8.7	2.9	0.70	16.46	22.3	7.4	5.14
<i>Especie desconocida 1</i>	0.33	0.55	2.02	0.7	0.00	0.00	1.1	0.4	0.00	0.00	1.1	0.4	1.14
<i>Megathyrsus maximus</i>	0.16	0.11	1.99	0.7	0.35	0.64	2.7	0.9	0.00	0.00	1.7	0.6	1.71
<i>Panicum máximo</i>	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	1.57	1.6	0.5	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00
<i>Especie desconocida 2</i>	0.66	3.25	14.76	4.9	1.23	16.60	28.7	9.6	1.40	10.96	23.2	7.7	10.86
<i>Physalis sp.</i>	0.16	1.55	2.85	1.0	0.00	0.00	1.1	0.4	0.18	1.33	2.6	0.9	1.14

Ari= abundancia relativa, **Fri=** frecuencia relativa, **Dri=** densidad relativa, **IVI=** índice de valor de importancia, **IVRi=** índice de valor de importancia Relativa

Resumen censo de herbáceas lluvias, septiembre 2010. TE=con leñosas con pastoreo, CL=con leñosas sin pastoreo y SL=sin biomasa aérea de leñosas y sin pastoreo

Especie	TE				CL				SL				
	Ari	Dri	IVI	IVRi	Ari	Dri	IVI	IVRi	Ari	Dri	IVI	IVRi	Fri
<i>Abutilon trisulcatum</i>	0.82	2.76	16.60	5.53	2.44	62.57	78.02	26.01	1.01	10.55	24.6	8.2	13.02
<i>Henrya insularis</i>	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.13	3.20	3.9	1.3	0.59
<i>Amaranthaceae (sp.1)</i>	0.20	0.15	0.95	0.32	0.00	0.00	0.59	0.20	0.00	0.00	0.6	0.2	0.59
<i>Antigono flavescens</i>	1.84	23.32	30.48	10.16	0.24	0.78	6.35	2.11	0.51	4.39	10.23	3.4	5.33
<i>Zinnia nictitans</i>	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.63	7.15	10.7	3.6	2.96
<i>Ayenia sp.</i>	0.20	0.32	1.71	0.57	0.24	0.19	1.62	0.54	0.0	0.0	0.0	0.0	1.18
<i>Convolvulaceae (sp1)</i>	0.00	0.00	0.0	0.0	0.24	1.42	2.26	0.75	0.00	0.00	0.0	0.0	0.59
<i>Evolvulus alsinoides</i>	0.00	0.00	1.0	0.0	0.73	2.14	4.65	1.55	0.00	0.00	0.0	0.0	1.78
<i>Chamaecrista nictitans</i>	1.02	4.05	15.13	5.04	0.73	1.19	11.98	3.99	1.14	5.55	16.7	5.6	10.06
<i>Coleubrina triflora</i>	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.13	0.72	1.4	0.5	0.59
<i>Apiaceae (sp.1)</i>	0.20	0.01	0.80	0.27	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.59
<i>Conmelinaceae(sp.1)</i>	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.13	1.65	2.4	0.8	0.59
<i>Cleome viscosa</i>	0.20	0.40	2.97	0.99	0.00	0.00	0.0	0.0	0.38	1.97	4.7	1.6	2.37
<i>Coursetia caribaea</i>	0.82	0.2	5.16	1.72	0.00	0.00	0.0	0.0	0.38	3.00	7.5	2.5	4.14
<i>Desmodium trifoliata</i>	1.63	34.15	51.17	17.06	2.20	16.29	33.87	11.29	1.14	33.38	49.9	16.6	15.39
<i>Elytraria imbricata</i>	0.20	0.39	3.55	1.18	0.00	0.00	0.0	0.0	0.51	4.64	8.1	2.7	2.96
<i>Euforbia colletiodes</i>	0.20	3.87	4.66	1.55	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.59
<i>Euforbia heterophylla</i>	0.82	2.31	10.23	3.41	0.49	1.07	8.66	2.89	0.76	2.64	10.5	3.5	7.10
<i>Ipomea (sp.2)</i>	0.00	0.00	0.0	0.0	0.24	1.42	2.26	0.75	0.00	0.00	0.0	0.0	0.59
<i>Ipomea (sp.3)</i>	0.20	0.76	1.56	0.52	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.59
<i>Leguminosa(sp. 1)</i>	0.20	1.20	4.36	1.45	0.49	1.07	4.51	1.50	0.25	0.17	3.4	1.1	2.96
<i>Senna obtusifolia</i>	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.25	2.17	3.6	1.2	1.18
<i>Mimosa quadrivalvis</i>	0.00	0.00	0.0	0.0	0.24	7.00	8.43	2.81	0.13	0.83	2.1	0.7	1.18
<i>Malvaceae (sp.1)</i>	0.20	3.06	5.63	1.88	0.73	3.92	7.01	2.34	0.00	0.00	0.0	0.0	2.37
<i>Malvaceae (sp.2)</i>	0.20	1.29	2.08	0.69	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.59
<i>Marantaceae (sp1)</i>	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.13	0.72	1.4	0.5	0.59
<i>Especie desconocida 1</i>	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.13	0.73	1.5	0.5	0.59
<i>Setaria geniculata</i>	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.13	0.18	0.9	0.3	0.59
<i>Megathyrsus maximus</i>	1.02	21.96	25.94	8.65	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	2.96
<i>Panicum máximum</i>	0.00	0.00	0.0	0.0	0.49	0.47	5.10	1.70	0.63	0.60	5.4	1.8	4.14
<i>Especie desconocida 2</i>	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.25	2.17	3.6	1.2	1.18
<i>Amaranthus sp.</i>	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.51	8.63	11.5	3.8	2.37
<i>Physalis</i>	0.00	0.00	0.0	0.0	0.49	0.47	3.92	1.31	0.38	1.77	5.1	1.7	2.96

Ari= abundancia relativa, **Fri=** frecuencia relativa, **Dri=** densidad relativa, **IVI=** índice de valor de importancia, **IVRi=** índice de valor de importancia relativa

Lista de especies del censo de leñosas de septiembre 2010

Familia	Genero	Especie
<i>Capparidaceae</i>	<i>Forchhammeria</i>	<i>pallida</i>
<i>Hernandiaceae</i>	<i>Gyrocarpus</i>	<i>americanus</i>
<i>Flacourtiaceae</i>	<i>Casearia</i>	<i>tremula</i>
<i>Fabaceae</i>		<i>sp 1</i>
<i>Fabaceae</i>	<i>Caesalpinia</i>	<i>sclerocarpa</i>
<i>Polygonaceae</i>	<i>Coccoloba</i>	<i>liebmanii</i>
<i>Bignoniaceae</i>	<i>Tabebuia</i>	<i>sp.1</i>
<i>Boraginaceae</i>	<i>Cordia</i>	<i>alliodora</i>
<i>Fabaceae</i>	<i>Caesalpinia</i>	<i>sp.1</i>
<i>Theophrastaceae</i>	<i>Jacquinia</i>	<i>pungens</i>
<i>Fabaceae</i>	<i>Acaciella</i>	<i>angustissima</i>
<i>Fabaceae</i>	<i>Lonchocarpus</i>	<i>sp.1</i>
		<i>Morfoespecie 4</i>
		<i>Morfoespecie 10</i>
		<i>Morfoespecie 11</i>
		<i>Morfoespecie 12</i>

Frecuencia, abundancia, densidad relativa e índice de valor de importancia de las especies leñosas del censo de septiembre 2010.
TE=con leñosas con pastoreo, CL=con leñosas sin pastoreo.

Especie	Parcela 1 TE					Parcela 1 CL					Parcela 2 TE					Parcela 2 CL				
	Ari	Fri	Dri	IVI	IVRi	Ari	Fri	Dri	IVI	IVRi	Ari	Fri	Dri	IVI	IVRi	Ari	Fri	Dri	IVI	IVRi
<i>Forchhammeria pallida</i>	0.0	4.5	0.0	4.5	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.6	4.5	2.3	23.5	7.84
<i>Gyrocarpus americanus</i>	0.0	9.1	0.0	9.1	3.0	16.7	9.1	19.8	45.6	15.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.6	9.0	15.0	40.6	13.5
<i>Casearia tremula</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	9.0	4.5	20.7	6.2	33.3	9.1	23.7	66.1	22.0
<i>Fabaceae (sp.1)</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.6	4.5	2.9	24.2	8.0
<i>Caesalpinia sclerocarpa</i>	11.0	14.0	3.0	28.0	9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.14	13.6	25.6	46.4	15.5	16.6	13.6	14.3	44.6	14.8
<i>Coccoloba liebmanii</i>	22.0	9.0	9.0	40.0	13.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.4	9.0	8.0	38.5	12.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Tabebuia sp.</i>	0.0	4.5	0.0	4.5	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.14	5.0	1.0	13.0	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Cordia alliodora</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.14	4.5	9.2	20.9	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Caesalpinia (sp.1)</i>	11.1	9.1	10.8	31.0	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.14	9.0	2.0	18.5	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Jacquinia pungens</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.4	5.0	10.0	36.3	12.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Acaciella angustissima</i>	11.1	9.1	2.9	23.1	7.7	83.3	9.1	80.2	172.6	57.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Lonchocarpus(sp.1)</i>	33.0	5.0	71.0	109.0	36.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Especie desconocida 4</i>	11.1	4.5	2.7	18.4	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Especie desconocida 10</i>	0.0	4.5	0.0	4.5	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	5.0	3.0	14.6	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Especie desconocida 11</i>	0.0	4.5	0.0	4.5	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	5.0	3.0	14.2	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Especie desconocida 12</i>	0.0	4.5	0.0	4.5	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	4.5	33.1	44.8	14.9	0.0	4.5	0.0	4.5	1.5

Ari= abundancia relativa, Fri= frecuencia relativa, Dri= densidad relativa, IVI= índice de valor de importancia, IVRi= índice de valor de importancia relativa

