



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES

**COMPOSICION FLORÍSTICA Y PROPIEDADES DE
SUELO HABITADO POR ZACATES EN HUEYOTLIPAN,
TLAXCALA**

TESIS

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES**



DIRECCION GENERAL ACADÉMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

PRESENTA:

KAREN DEL REFUGIO BARRIENTOS ARMENDÁRIZ

Chapingo, Estado de México, Junio 2014.



**COMPOSICIÓN FLORÍSTICA Y PROPIEDADES DE SUELO HABITADO POR
ZACATES EN HUEYOTLIPAN, TLAXCALA.**

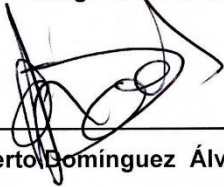
Tesis realizada por Karen del Refugio Barrientos Armendáriz bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

DIRECTORA: 
Dra. Elizabeth Hernández Acosta

CODIRECTOR: 
Dr. Dante Arturo Rodríguez Trejo

ASESOR: 
Dr. José Luis Zaragoza Ramírez

ASESOR: 
Dr. Francisco Alberto Domínguez Álvarez

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo y a la División de Ciencias Forestales (DICIFO) para cursar dicho postgrado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por su apoyo económico por el cual fue posible realizar esta maestría y el desarrollo del proyecto de investigación.

Al Dr. Edmundo Robledo Santoyo y al Dr. David Cristóbal Acevedo del Departamento de Suelos de la UACH por el apoyo para la determinación de análisis químicos y físicos de esta investigación.

Al señor José Luis Téllez y jornales de dicha comunidad por su colaboración en campo para realizar el perfil de suelo para tomar la muestra.

Al comité de tesis conformado por la Dra. Elizabeth Hernández Acosta, el Dr. José Luis Zaragoza Ramírez, el Dr. Dante A. Rodríguez Trejo y al Dr. Francisco Alberto Domínguez Álvarez por la revisión y sus aportaciones para esta investigación.

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme cumplir una meta más en la vida.

A mis padres José Guadalupe Barrientos Alemán y Guillermina Armendáriz
Bretado por su amor, confianza y apoyo incondicional que me han mostrado a en
el transcurso de mi carrera profesional y personal.

A Haydeé Alemán Armendáriz por su amistad y apoyo que siempre me ha
brindado.

A toda mi familia por su motivación en el transcurso de mi carrera profesional.

DATOS BIOGRÁFICOS

Karen, autora de esta tesis es originaria de Cuencamé, Durango. En 2011 egresó de la carrera de Biólogo en la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez del Estado de Durango (FCB-UJED). Titulándose el 3 de Noviembre de 2011 con la tesis “Caracterización Fisonómica y Dasométrica de los Rodales de Mezquite (*Prosopis spp.*) en el Centro Norte de México.”

En 2012 ingresó al postgrado de maestría en Ciencias en Ciencias Forestales en el Departamento de la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo (DICIFO-UACH).

“Invertir en conocimientos produce siempre los mejores intereses”

Benjamín Franklin

“La paciencia es un árbol de raíz amarga,
pero de frutos dulces”

Anónimo

COMPOSICIÓN FLORÍSTICA Y PROPIEDADES DE SUELO HABITADO POR ZACATES EN HUEYOTLIPAN, TLAXCALA

FLORISTIC COMPOSITION AND PROPERTIES OF SOIL HABITED BY GRASSES, IN HUEYOTLIPAN TLAXCALA

Karen del R. Barrientos Armendáriz¹, Elizabeth Hernández Acosta², José Luis Zaragoza Ramirez³, Dante Arturo Rodríguez Trejo¹ y Francisco Alberto Domínguez Álvarez¹.

RESUMEN

Las principales problemáticas que enfrentan los ecosistemas son la deforestación y la degradación, y es la vegetación el componente que evidencia en forma inmediata los impactos ambientales y la que permite acciones de recuperación a través de la sucesión ecológica. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la composición florística de una comunidad de zacates y su relación con las propiedades físicas y químicas del suelo que habitan en la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala. El diseño de muestreo en el área de trabajo fue sistemático, y se aplicaron los métodos de punto de intercepción y cuadrante para el muestreo de vegetación. En los sitios donde se muestreo suelo se obtuvieron muestras en cada punto de pastos dominantes, para analizar las propiedades físicas y químicas de los suelos. Además se analizaron los índices de diversidad alfa y beta, para las diferentes etapas serales. Los resultados de los análisis de suelo se analizaron bajo un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones para determinar la relación del suelo con la vegetación. Se identificaron seis asociaciones de zacates, observando dos patrones de sucesión, uno de *Hilaria cenchroides* y el otro de *Muhlenbergia* spp.; los índices de diversidad revelan que no hay dominancia entre especies, que la diversidad es menor y que son especies compartidas que presentan baja similitud. Los suelos tuvieron fertilidad baja.

Palabras clave: vegetación, suelo, sucesión ecológica, fertilidad del suelo.

ABSTRAC

The main problems facing ecosystems are deforestation and degradation, and the vegetation component which shows immediately the environmental impacts and allowing recovery actions through ecological succession. The aim of this study was to evaluate the species composition of a community of grasses and its relation to the physical and chemical properties of soil inhabiting Colonia Ejido Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala. The sampling design in the work area was systematic, and methods of intercept point and quadrant for vegetation sampling were applied. At each point of dominant grasses, soil samples were obtained to analyze their physical and chemical properties. Additionally alpha and beta diversity indices for different seral stages were analyzed. The results of soil tests were analyzed under an experimental randomized block design with three replications to determine the relationship of soil with vegetation. Six grass associations were identified as well as two succession patterns, one of *Hilaria cenchroides* and the other of *Muhlenbergia* spp.; diversity indices reveal no dominance between species, than diversity is lower and that there are shared species with low similarity. The soils had low fertility.

Keywords: vegetation, soil, ecological succession, soil fertility.

CUADRO DE CONTENIDO

CUADRO DE CONTENIDO	viii
LISTA DE FIGURAS	xiv
ABREVIATURAS USADAS	xvi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo general.....	4
2.2. Objetivos específicos	4
3.1. Sucesión vegetal	5
3.2. Índices ecológicos	7
3.2.1. Índices ecológicos alfa	8
3.2.2. Índices ecológicos beta.....	10
3.2.3. Índices ecológicos gama.....	11
3.3. Suelo	12
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	14
4.1. Localización de la zona de estudio.....	14
4.2. Orografía.....	15
4.3. Hidrografía.....	15
4.4. Clima	15
4.5. Características y Uso del Suelo	16
4.6. Fauna y flora	16
4.7. Sitio objeto de estudio	17
4.7.1. Identificación de especies vegetales.....	17
4.7.2. Muestreo de vegetación	18
4.7.3. Composición florística	21
4.7.4. Índices ecológicos.....	22
4.7.5. Índices de diversidad alfa	22
4.7.6. Índice de Simpson.....	22
4.7.7. Índice de Shannon-Wiener	22

4.7.8. Índice de Margalef.....	23
4.7.9. Índice de Menhinick	23
4.7.10. Índices beta.....	23
4.7.11. Índice de Jaccard	23
4.7.12. Índice de Morisita.....	24
4.7.13. Índice de Sorensen.....	24
4.8. Análisis de suelo.....	24
4.8.1. Análisis químico de suelo	26
4.8.2. Análisis Físico de Suelo	27
4.8.3. Análisis Estadístico	27
5. Resultados y Discusión.....	28
5.1. Características de las sere identificadas	28
5.1.1. Composición florística	28
5.2. Índices de Diversidad.....	32
5.2.1. Diversidad alfa	32
5.2.2. Diversidad beta.....	34
5.3. Cambios en las propiedades físicas y químicas de suelo en los diferentes grupos de asociaciones de zacates, de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.	35
5.4. Determinaciones químicas de la muestra compuesta del suelo en los diferentes grupos de asociaciones de zacates, de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.	36
5.5. Propiedades físicas del suelo	38
5.5.1. Textura del suelo en los diferentes grupos de asociaciones de zacates, de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.	38
5.5.2. Densidad aparente en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.	40
5.5.3. Densidad real en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.	42
5.5.4. Capacidad de campo en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.	43

5.5.5. Punto de marchitamiento permanente en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.....	45
5.6. Propiedades químicas del suelo	46
5.6.1. pH en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.	46
5.6.2. Conductividad eléctrica en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.	49
5.6.2. Materia orgánica en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.	51
5.6.3. Nitrógeno en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.	54
5.6.4. Fósforo en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.	57
5.6.5. Calcio en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.	59
5.6.6. Magnesio en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.	61
5.6.7. Potasio en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.	63
5.6.8. Cobre en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.	65
5.6.9. Hierro en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.	66
5.6.10. Manganeseo en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.	67

5.6.11. Zinc en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.	68
5.6.12. Sodio en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.	69
5.6.13. Micronutrientes en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.	69
5.6.14. Relación de especies vegetales con la profundidad de un perfil de suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.....	72
6. Conclusiones	76
7. Recomendaciones	77
8. Literatura citada	78

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Composición florística de la comunidad de zacates de un área, previamente cultivada, y actualmente abandonada a un proceso de colonización natural, Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.....	30
Cuadro 2. Índices de diversidad alfa para cada asociación de especies zacates, de una comunidad de zacates perennes, de un sitio abandonada a la colonización natural, de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.....	32
Cuadro 3. Índices de diversidad beta para los diferentes grupos de asociaciones de zacates, para la comunidad de zacates perennes del a Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.....	34
Cuadro 4. Resultados de la muestra compuesta en los diferentes grupos de asociaciones de zacates, de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.....	37
Cuadro 5. Resultados de textura a diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.....	39
Cuadro 6. Resultados de densidad aparente a diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.....	41
Cuadro 7. Resultados de densidad real a diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.....	42
Cuadro 8. Resultados de la capacidad de campo a diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.....	44
Cuadro 9. Resultados del punto de marchitamiento permanente a diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.....	45
Cuadro 10. Resultados de pH a diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.....	48

Cuadro 11. Resultados de conductividad eléctrica a diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.....	51
Cuadro 12. Resultados de materia orgánica a diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.....	54
Cuadro 13. Resultados de nitrógeno total a diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala....	56
Cuadro 14. Resultados de fósforo a diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.....	58
Cuadro 15. Resultados de calcio a diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.....	60
Cuadro 16. Resultados de magnesio a diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.....	62
Cuadro 17. Resultados de potasio en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.....	64
Cuadro 18. Resultados de micronutrientes en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.....	71
Cuadro 19. Resultados de la relación entre especies vegetales y profundidad diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.....	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio.....	14
Figura 2. Distribución de unidades de muestreo.....	19
Figura 3. Método Punto de intercepción (Mastocedo y Fredericksen, 2000)....	20
Figura 4. Método Cuadrante (Mastocedo y Fredericksen, 2000).....	20
Figura 5. Distribución de estados seral.....	21
Figura 6. Perfil de suelo de una gramínea dominante.....	25
Figura 7. Área totalmente desnuda como punto de referencia.....	26
Figura 8. Escala para la interpretación de Índices de diversidad alfa, elaborado con base a información de Valverde (2005) y Zambrano <i>et al.</i> (2009).....	33
Figura 9. Modelos para estadios de desarrollo de comunidades de zacates dominada por <i>Hilaria cenchroides</i> (1), por <i>Muhlenbergia</i> spp. (2), por <i>Hilaria-Muhlenbergias</i> (3) y por <i>Piptochaetium fimbriatum</i> – <i>Trisetum spicatum</i> (4)....	35
Figura 10. Comparación de medias de pH por sitio, sitios con letras iguales no existe diferencias significativas ($p \leq 0.05$).....	47
Figura 11. Comparación de medias de conductividad eléctrica por sitio, sitios con letras iguales no existe diferencias significativas ($p \leq 0.05$).....	50
Figura 12. Comparación de medias de materia orgánica por sitio, sitios con letras iguales no existe diferencias significativas ($p \leq 0.05$).....	52
Figura 13. Comparación de medias de nitrógeno por sitio, sitios con letras iguales no existe diferencias significativas ($p \leq 0.05$).....	55
Figura 14. Comparación de medias de fósforo por sitio, sitios con letras iguales no existe diferencias significativas ($p \leq 0.05$).....	57
Figura 15. Comparación de medias de calcio por sitio, sitios con letras iguales no existe diferencias significativas ($p \leq 0.05$).....	59
Figura 16. Comparación de medias de magnesio por sitio, sitios con letras iguales no existe diferencias significativas ($p \leq 0.05$).....	61

Figura 17. Comparación de medias de potasio por sitio, sitios con letras iguales no existe diferencias significativas (0.05).....	63
Figura 18. Comparación de medias de cobre por sitio, sitios con letras iguales no existe diferencias significativas ($p \leq 0.05$).....	65
Figura 19. Comparación de medias de hierro por sitio, sitios con letras iguales no existe diferencias significativas ($p \leq 0.05$).....	66
Figura 20. Comparación de medias de manganeso por sitio, sitios con letras iguales no existe diferencias significativas ($p \leq 0.05$).....	67
Figura 21. Comparación de medias de zinc por sitio, sitios con letras iguales no existe diferencias significativas (0.05).....	68
Figura 22. Comparación de medias de sodio por sitio, sitios con letras iguales no existe diferencias significativas (0.05).....	69

ABREVIATURAS USADAS

UM: Unidad de muestreo

S1: Suelo desnudo

H1, H2, H3: *Hilaria cenchroides*

M1, M2, M3: *Muhlenbergia spp.*

P1, P2, P3: *Piptochaetium fimbriatum*.

S: Índice de Simpson

H': Índice Shannon-Wiener

D_{Mg}: Índice Margalef

Jack: Índice Jackknife

I_J: Índice Jaccard

I_{Scuant}: Índice Sorensen

I_s: Índice Morisita

AS-02: Determinación de pH, según la NOM-021-RECNAT-2000

AS-04: Determinación de densidad real, según la NOM-021-RECNAT-2000

AS-07: Determinación de materia orgánica, según la NOM-021-RECNAT-2000

AS-08: Determinación de nitrógeno total, según la NOM-021-RECNAT-2000

AS-09: Determinación de textura, según la NOM-021-RECNAT-2000

AS-14: Determinación de micronutrientes, según la NOM-021-RECNAT-2000

I. INTRODUCCIÓN

La sucesión ecológica es el marco conceptual en el cual se basa la restauración ecológica. Los ecosistemas o comunidades que han sido degradados llevando a cabo por sí mismos eventos de recuperación que son parte de un proceso de su sucesión (Martínez, 1996).

Los cambios en la composición y estructura de la vegetación a través del tiempo y del espacio, *i.e.* su dinámica, han sido estudiados por medio de procesos que se conocen como “sucesiones ecológicas” (Martínez, 1996). La sucesión ha sido uno de los conceptos más importantes en el desarrollo de la ecología como ciencia, tiene un gran potencial para el desarrollo de programas de gestión, conservación y restauración de ecosistemas (McIntosh 1999, Wali 1999).

La mayoría de los estudios sobre la sucesión ecológica se han centrado en las comunidades vegetales debido a que estas componen la mayor parte de la biomasa de los ecosistemas y resultan determinantes para la estructura y el funcionamiento de los mismos (Myster 2001 a, b).

La principal problemática que enfrentan los ecosistemas terrestres mexicanos son la deforestación y degradación, lo que implica una reducción de la cubierta vegetal ocasionando problemas como la modificación de ciclos hidrológicos y cambios regionales de temperatura y precipitación lo que favorece el calentamiento global, disminución en la captura de bióxido de carbono y pérdida de ecosistemas.

Uno de los grandes desafíos para México es conservar la extensión de sus bosques, selvas, humedales y zonas áridas y, más aún, tratar de recuperar superficies forestales que se han perdido o degradado por factores como el cambio de uso del suelo a favor de las actividades agropecuarias y de la expansión de las áreas urbanas, entre otros. Las sociedades humanas han evolucionado en ambientes sujetos a perturbaciones de diferente frecuencia e intensidad y detrás de muchas prácticas agrarias y ganaderas tradicionales subyace un profundo conocimiento acerca del proceso de sucesión ecológica. La recuperación de la vegetación a través de la sucesión natural puede ser considerablemente larga, especialmente cuando se afecta la estructura del suelo (Dalmasso, 2010).

En los ecosistemas terrestres el compartimento edáfico constituye el principal medio a través del cual se viabiliza el retorno de nutrientes a la vegetación en pie. El ciclaje y pérdida de nutrientes del suelo como procesos en ecosistemas forestales, han demostrado ser críticos para su adecuado funcionamiento. Así, pérdida de nutrientes del sistema, interrupción de los procesos de ciclaje y captura de nutrientes, o desequilibrios en el estado nutricional podrían estar asociados con declinaciones en la productividad y estabilidad forestal (Lodoño *et al.*, 2007).

El suelo es uno de los elementos clave en todos los ecosistemas terrestres (Mingorance, 2010) desempeña funciones de gran importancia para el sustento de la vida en este planeta, es fuente de alimentos para la

producción de biomasas, actúa como medio filtrante, amortiguador y transformador, es hábitat de miles de organismos, y el escenario donde ocurren los ciclos biogeoquímicos. En el suelo se llevan a cabo la mayoría de las actividades humanas, sirviendo de soporte físico y de infraestructura para la agricultura, actividades forestales, recreativas y agropecuarias, además la socioeconómica como vivienda, industria y carreteras (Volke *et al.*, 2005). El análisis de suelo es una herramienta de gran utilidad para diagnosticar problemas nutricionales y establecer recomendaciones de fertilización, con lo que se pretende determinar el grado de suficiencia o deficiencia como la acidez excesiva, salinidad, toxicidad de algunos elementos, permitiendo el grado de fertilidad del suelo (Molina, 2011).

El estudio de los patrones de sucesión vegetal se espera contribuya al uso sostenible y conservación de ecosistemas, por eso es de gran importancia la restauración ecológica ya que se deriva de la existencia generalizada de distintas formas de degradación de los recursos naturales y las condiciones ambientales, que tienen su manifestación en aspectos tales como la pérdida de vegetación y suelos, aguas contaminadas; contaminación atmosférica; pérdida de recursos genéticos; erosión, mortalidad y baja reproducción de las especies; cambios climáticos, en general el deterioro progresivo de distintos tipos de sistemas: naturales, modificados, cultivados y construidos.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar la composición florística de una comunidad de zacates nativos y su relación con las propiedades físicas y químicas del suelo que habitan en la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala para ubicar si el suelo es adecuado para el establecimiento de las especies que en el desarrollan.

2.2. Objetivos específicos

2.2.1. Identificar las especies de gramíneas de una comunidad de zacates nativos para conocer su composición florística y cómo se asocian en la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

2.2.2. Evaluar los indicadores ecológicos de especies de gramíneas de una comunidad de zacates nativos (densidad, frecuencia, abundancia) para conocer la abundancia y dominancia en la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

2.2.3. Caracterizar las propiedades físicas y químicas del suelo en una comunidad de zacates nativos para saber si existe relación entre vegetación y suelo en la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

III. MARCO TEORÍCO

3.1. Sucesión vegetal

Clements (1916) formalizó la “teoría de la sucesión vegetal”. Ésta establece que una comunidad vegetal es una entidad orgánica que gradualmente crece hasta volverse compleja y más organizada, llamada comunidad vegetal clímax. Para su contenido se proponen las siguientes etapas; formación inicial de la comunidad vegetal, cambios en la composición y diversidad florística, estabilidad en la estructura de la comunidad vegetal clímax y finalmente la desaparición de la comunidad vegetal clímax por factores biológicos y ambientales. El tipo de plantas, la cantidad de géneros y especies vegetales, la cantidad de biomasa que se acumula y la complejidad de las relaciones bióticas y abióticas dentro de la comunidad cambia progresivamente con el tiempo y están determinados por la influencia de los factores ambientales (clima y suelo). Actualmente, se acepta que el desarrollo de toda comunidad vegetal es un “proceso universal, progresivo y ordenado en el tiempo” que culmina en una comunidad vegetal “clímax”, es decir en el máximo desarrollo de una comunidad vegetal. Durante el desarrollo de esta comunidad ocurren cambios en el flujo de energía, en el ciclo del agua y ciclo biogeoquímicos (Margalef 1997 a). Lindeman (1942) recomienda que el estudio de la sucesión vegetal sea en función de cambios en la (1) tasa de acumulación de biomasa y producción de materia seca en el tiempo (2) masa de heterótrofos en relación a la biomasa total, (3) longitud de las cadenas tróficas, (4) diversidad de especies vegetal y animal (5) cambios en el patrón espacial y temporal de las especies vegetales (6) la tasa del ciclo de

nutrientes y del ciclo del agua, (7) de las relaciones entre los organismos vivos y su ambiente en la etapa clímax.

La colonización vegetal de un área suele iniciar de dos maneras, a partir de un sustrato nuevo o en suelo cuya vegetación fue parcial o totalmente eliminada; a las que respectivamente se les llama sucesión vegetal primaria y sucesión vegetal secundaria. En el primer caso, la sucesión es un proceso formador de suelo (roca a suelo por liquen y musgo), cuya colonización vegetal se origina por inmigración de semillas de otras áreas. En el segundo caso, el suelo formado previamente es colonizado por el banco de semillas de la vegetación clímax y semillas de las islas de vegetación sobrevivientes a la perturbación (Lu *et al.*, 2002). En ambos tipos de sucesión el proceso de desarrollo de la comunidad culmina en una vegetación clímax, siguiendo un orden en el tiempo y gobernado por los factores ambientales (Swanson *et al.*, 2011; Bazzaz, 1979, Clements, 1916).

Para entender los cambios en la composición florística, abundancia de especies y química del suelo, que ocurren durante la sucesión vegetal, el proceso se divide en seres (Valverde, 2005; Dalmasso, 2010). Un ser es un tipo de comunidad vegetal temporal que es remplazada por otra conforme se desarrolla la comunidad. Se emplea el estado seral para referirse al conjunto de especies vegetales a un determinado nivel de desarrollo de la sucesión vegetal. La diversidad y abundancia de especies vegetales depende de su capacidad individual de facilitación, inhibición y tolerancia. Las plantas pioneras tienen mayor capacidad para facilitar las condiciones

físicas y químicas del suelo y el microambiente para el establecimiento de la siguiente comunidad vegetal. En cada sere existen especies vegetales que inhiben la presencia de otras especies debido al sombreado, microclima que genera, mayor competencia por nutrientes y agua. Junto con este tipo de plantas existen especies con mayor capacidad para tolerar la competencia por luz, agua, nutrimentos y espacio. Para identificar las especies vegetales y su función en una sere son necesarios modelos que describan el cambio en la diversidad, abundancia y distribución espacial y temporal durante el desarrollo de una comunidad vegetal (Dalmasso, 2010; Valverde, 2005; Arbelo *et al.*, 2002; Boccanelli, 2001; Powell, 2000). Estos modelos de desarrollo de comunidades vegetales son útiles para documentar la capacidad de adaptación y resistencia de las especies vegetales a las nuevas condiciones micro-ambientales (Barrantes & Sandoval 2009; Eshaghi *et al.*, 2009; Franceschi *et al.*, 2009; Del Río *et al.*, 2003).

3.2. Índices ecológicos

Un índice ecológico se emplea para determinar el nivel de diversidad, abundancia y dispersión de especies vegetales en un ecosistema, así como el impacto de una perturbación natural o causada por el hombre (Martínez *et al.*, 2013; Moreno, 2011; Ludwig y Reynolds, 1998). Los índices de diversidad de especies cuantifica el número total y abundancia de ellas; los índices de abundancia consideran la cantidad de individuos por especies, los índices de riqueza cuantifican el número total de especies y los índices

de dispersión miden el grado de dispersión de las especies dentro de un ecosistema. Al comparar los valores de cada índice para distintos estados serales se puede explicar el desarrollo de una comunidad vegetal con base a cambios en composición florística (Bouza y Covarrubias 2005; Barajas 2005; Nagendra 2002; Barrantes & Sandoval 2009; Eshaghi *et al.*, 2009). Los cambios producidos por los herbívoros silvestres y domésticos en la composición florística, vigor de las plantas defoliadas y no defoliadas, y en la habilidad competitiva de las especies, se puede explicar con el uso de los índices ecológicos y entender la estructura de la comunidad (Premaur y Vargas 2004).

Los índices ecológicos se clasifican como de diversidad alfa (α), de diversidad beta (β) y de diversidad gamma (γ); y revelan diferentes niveles de diversidad en una comunidad vegetal (Barrantes & Sandoval 2009; del Río *et al.*, 2003). Los índices de diversidad alfa son el número de especies dentro de un hábitat pequeño. Los índices de diversidad beta pasan del cambio de especies de un hábitat a otro. Los índices de diversidad gamma son el número de especies de un paisaje o gran región, típicamente incluye varios hábitat (Meffe and Carroll, 1997).

3.2.1. Índices ecológicos alfa

Es la riqueza de especies de una comunidad determinada y que se considera homogénea, por lo tanto es a un nivel “local”. Una comunidad es dependiente de los objetivos y escala de trabajo (Moreno, 2011). Los índices alfa son: 1) Simpson, 2) Shannon-Wiener (miden dominancia y

abundancia de especies) 3) Margalef y 4) Menhinick (miden la riqueza de especies).

Para el índice de riqueza, se requiere tener el número de especies vegetales en la comunidad. Revela la magnitud del cambio en la variedad y abundancia de especies, debido a variaciones en el clima y por intervención del hombre (Sharma *et al.*, 2009). Generalmente, se emplea para estimar el potencial productivo de un ecosistema en relación al clímax que le corresponde (Martínez *et al.*, 2013; Barrantes y Sandoval 2009). Éste se combina con los índices de abundancia y dominancia de especies para identificar la preferencia del grupo de especies por alguna condición edáfica específica (Bouza y Covarrubias 2005; Nagendra 2002; Barrantes & Sandoval 2009).

El cálculo para la riqueza de especies, se hace con el índice de Margalef, se requiere cuantificar el número de especies y el número total de individuos de cada especie. Valores del índice menores a uno se interpretan como poca diversidad y cercanos a 6 como mayor diversidad de especies vegetales (Vázquez, 2013). Otro índice de diversidad es el de Menhinick, el cual se calcula con el número de especies vegetales y el número total de individuos de cada especie (Moreno, 2011).

Los índices de homogeneidad o heterogeneidad de especies para una comunidad vegetal son el de Simpson y Shannon-Wiener (Valverde, 2005; Zarco *et al.*, 2010). Estos son los más utilizados en los estudios de

ecosistemas (Bouza y Covarrubias 2005; Barrantes & Sandoval 2009; Nagendra, 2002). El máximo valor se obtiene cuando todas las especies en una comunidad son igualmente abundantes (Monroy *et al.*, 2011; Moreno, 2011; Valverde, 2005; Ludwig y Reynolds, 1988). El índice de Shannon-Wiener suponen que las especies en las comunidades se distribuyen al azar (Martínez *et al.*, 2013; Zarco-Espinoza *et al.*, 2010; Baraja, 2005; Monroy *et al.*, 2011; Moreno, 2011; Pla, 2006). Teóricamente, este índice toma valores iguales o menores a 5 (Badii *et al.*, 2007).

Los índices de dominancia toman valores de 0 a 1, un valor cercano a cero significa que no hay dominancia, pero un valor cercano a uno revela un mayor dominancia (Martínez *et al.*, 2013; Vázquez, 2013; Moreno, 2001; Zambrano *et al.*, 2009; Odum y Barrett, 2006; Baraja, 2005).

3.2.2. Índices ecológicos beta

La diversidad beta es definida como el remplazamiento o cambio de especies que se presenta entre dos sitios en una escala espacial o temporal determinada. Estos permiten analizar diferencias entre comunidades vegetales y estados seral en la diversidad de especies (Martínez *et al.*, 2013).

Un índice de diversidad beta es de similitud/disimilitud, como el de Jaccard y el de Sorensen; estos expresan el grado de semejanza entre comunidades vegetales en función de la presencia de especies, por lo que

son una medida inversa de la diversidad beta, que se refiere al cambio de especies entre dos comunidades (Moreno, 2011).

El índice de Jaccard con base a presencia y ausencia de las especies calcula la proporción de especie vegetales compartidas entre dos tipos de vegetación (Badii *et al.*, 2007; Zacarias *et al.*, 2009). El valor del índice va de uno a cero, uno si se comparten todas las especies y cero sino comparten especie (Vázquez, 2013; Ledo *et al.*, 2012; Zambrano *et al.*, 2009). El índice de Sorensen indica que el valor de cero expresa que no hay similitud entre comunidades y valor de uno indica que hay completa similitud entre comunidades (Zambrano *et al.*, 2009). El índice de Morisita, sin embargo, es fuertemente influenciado por la abundancia de la especie más común, se emplea para evaluar la estructura horizontal indicando que los valores mayor a uno es una distribución agregada, igual a uno es distribución aleatoria y valor menor a uno es regular (Ledo *et al.*, 2012).

3.2.3. Índices ecológicos gama

La diversidad gamma se define como la riqueza de especies de un grupo de hábitats pertenecientes a un paisaje o área geográfica. El valor de este índice representa el resultado de la consecuencia de la diversidad alfa (comunidades individuales) y diversidad beta (grado de diferenciación entre comunidades) (Moreno, 2011).

3.3. Suelo

El suelo, la mezcla porosa de partículas minerales y orgánicas, agua y aire; suele ser estudiado en horizontes verticales. Estos se diferencian por sus propiedades físicas y químicas, color y el contenido de materia orgánica (Huerta, 2010). La estructura cambia con la profundidad según el contenido de materia orgánica y cantidad de raíces presentes. Esto debido a que los polisacáridos producidos por la descomposición de la materia orgánica unen la arcilla, limo y arena, para formar agregados (Meza y Geissert, 2003). Consecuentemente, existe una distribución vertical de los nutrientes en el suelo que salen de un ecosistema por erosión, deposición atmosférica, lixiviación, y el ciclo biológico (Jobbágy & Jackson, 2001). Así que la fertilidad de un suelo será modificada por la magnitud de los procesos anteriores (ZhengZhong, 2008).

La fertilidad de un suelo determina el nivel de productividad de un ecosistema natural o agrícola (Vergara, 2005). El análisis físico y químico de un suelo revela los componentes inorgánicos y orgánicos asociados a un determinado nivel de productividad. Las propiedades químicas tradicionalmente asociadas a la productividad del suelo son el pH, conductividad eléctrica, contenido de materia orgánica, cantidad y disponibilidad de macronutrientes (Hernández, 2007). El análisis de la fertilidad del suelo incluye la determinación de la densidad real, densidad aparente, textura, capacidad de campo, punto de marchitamiento permanente, pH, contenido de materia orgánica, capacidad de intercambio

catiónico, contenido de nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio, potasio, cobre, hierro, manganeso, zinc y sodio (Huerta, 2010; Rubio, 2010; Núñez *et al.*, 2011).

El pH del suelo se emplea como indicador de diversas propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo que influyen en la fertilidad del mismo (Castellanos *et al.*, 2000). Un pH menor de 5.5 se asocia a una amplia disponibilidad de aluminio intercambiable y/o exceso de manganeso en la solución del suelo. Los suelos aptos para la agricultura y sin problemas de disponibilidad de nutrientes tienen un pH entre 6.0 a 6.5.

La presencia de materia orgánica en un suelo es producto de la caída de hojas y tallos de las plantas; así como, de la descomposición de raíces. Es el sustrato nutritivo para una diversidad de microorganismos del suelo cuyas enzimas degradan las sustancias orgánicas liberando polisacáridos, azúcares simples, poli-péptidos, aminoácidos y minerales (Cantú, 2003; Martínez *et al.*, 2008). Los nutrientes, macro y micro, son absorbidos al asimilar la solución del suelo mediante la transpiración (Castellanos *et al.*, 2000; Ortiz y Ortiz, 1980).

Las propiedades físicas determinan la textura del suelo y la capacidad del mismo para retener agua, materia orgánica y nutrientes; así como la de permitir el intercambio de gases con la atmósfera (Honorato, 2000; Rubio, 2010). Además de favorecer el crecimiento de las raíces de la vegetación (Murray, 2011; Huerta, 2010; Hernández, 2007).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Localización de la zona de estudio

El sitio donde hizo el estudio se ubica en las coordenadas $19^{\circ} 30' 25.57''$ de latitud norte y $98^{\circ} 24' 07.47''$ de longitud oeste, a una altitud de 2681 m (figura 1).



Figura1. Área de estudio.

El sitio fue un área agrícola que dejó de ser cultivada hace aproximadamente 20 años. Pertenece a la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, del municipio de Hueyotlipan, Estado de Tlaxcala.

4.2. Orografía

Las áreas agrícolas de la comunidad se están en las zonas planas y en áreas semi-planas corresponden al 55% y 23% de la superficie total del territorio del municipio. Poca agricultura se realiza en las colinas y cerros del municipio (22%), en las cuales crece vegetación nativa donde se pastorean rebaños de ovinos y cabras (INEGI, 2014).

4.3. Hidrografía

En el municipio de Hueyotlipan existen arroyos temporales donde corre agua durante la temporada de lluvias. Existen dos presas, la del Sol y de la Luna que beneficia a las comunidades de San Fernando y Santa Cruz Techalote. En las tierras de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos hay siete jagüeyes que captan el agua que escurre por las tierras durante la temporada de lluvias. Cinco de estos jagüeyes tienen agua todo el año que beben los rebaños de ovinos, cabras y animales de trabajo; o transportan los ejidatarios a los lugares donde alojan a los rebaños de pequeños rumiantes (INEGI, 2014).

4.4. Clima

El clima que predomina en el municipio es templado subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura promedio máxima anual es de 22.5° C y la mínima de 6.8° C. La temperatura media anual, en la Comunidad Ejidal Adolfo López Mateos oscila entre 12 y 14° C. La precipitación promedio máxima registrada es de 219.6 mm y la mínima es de 14.3 mm (INEGI, 2014).

4.5. Características y Uso del Suelo

En el municipio de Hueyotlipan y Comunidad Ejidal Adolfo López Mateos predominan tres tipos de suelos, los cambisoles, los litosoles y los fluvisoles. Los suelos cambisoles, fueron originados por el arrastre de sedimentos piroclásticos en el escurrimiento superficial, con un horizonte duripan o tepetate. Los suelos tipo feozem, son de superficie oscura suave y rica en materia orgánica. Los suelos de tipo de litosol, son extremadamente delgados, con presencia de la rocas a menos de 10 cm de profundidad (INEGI, 2014).

La cantidad de superficie que poseen las unidades de producción rural, del municipio de Hueyotlipan, es de 10,648 has; el 4.4% de la superficie total del estado de Tlaxcala. El 94.4% de la superficie mencionada (10,057 ha) se cultiva con maíz, cebada y trigo; así como árboles frutales (Municipio de Hueyotlipan, Tlaxcala, 2012). La superficie con áreas para el pastoreo es de 526 ha; y el resto está ocupada por comunidades forestales (INEGI, 2014).

4.6. Fauna y flora

Existen comunidades nativas de bosque de junípero, en la mayoría de los casos perturbada para dar lugar a la agricultura. La especie dominante es el sabino (*Juniperus deppena Steud*), con diferentes niveles de densidad de árboles, asociado pirul (*Schinus molle* L.), tepozán (*Buddleja cordata* Kunth), uña de gato (*Mimosa biuncifera* Benth), chicalote blanco (*Argemone platyceras* Link & Otto), lengua de vaca (*Reseda luteola* L), maguey

pulquero (*Agave salmiana* Otto ex Salm), varias especies de nopales (*Opuntia* sp. Mill), gobernadora (*Brickellia veronicifolia* (Kunth) A. Gray), abrojo (*Adolphia infesta* Meisn), capulín (*Prunus serotina* Mc Vaugh), y zacate lobero (*Lycurus phleoides* Kunth). Es muy común encontrar especies del matorral xerófito y bosque de encino. En la flora urbana y suburbana, es frecuente encontrar especies como el cedro blanco, el álamo blanco, el trueno, la casuarina y el eucalipto (INEGI, 2014).

En las comunidades vegetales habita fauna silvestre como el conejo (*Sylvilagus floridanus* J. A. Allen), la liebre (*Lepus californicus*), la ardilla (*Spermophilus mexicanus* Erxleben), el zorrillo, el tlacuache (*Didelphis marsupialis*), el topo y diversas aves, entre ellas el colibrí de cabeza amarilla y el tordo ermitaño (INEGI, 2014).

4.7. Sitio objeto de estudio

Para seleccionar el sitio a estudiar se realizó un recorrido por el área que previamente había sido cultivada; con la finalidad de identificar la comunidad vegetal y posibles diferencias en la composición florística o tipo de especies. El lugar seleccionado estaba colonizado por una comunidad de zacates perennes que sugerían posibles diferencias en el desarrollo de una comunidad clímax de zacates.

4.7.1. Identificación de especies vegetales

Quince días antes de las mediciones (finales de agosto), con la figura de puntos y con la parcela cuadrada, se recorrió el sitio para coleccionar cinco

plantas de cada una de las especies de zacates perennes y anuales, así como hierbas de hoja ancha. Las plantas colectadas fueron identificadas a nivel de género, o con una clave cuando no se pudo identificar el género. Se colectaron plantas completas, estas prensaron y transportaron al herbario del Departamento de Zootecnia para secarlas en una secadora fija de lámparas (Martínez de la Cruz, 2005; Lot y Chiang, 1986). Una vez secas, todas las plantas se identificaron siguiendo las claves para las gramíneas (Stanley, 1920; COTECOCA, 1999, 1995, 1991, 1987, 1983). Durante la fase de mediciones se colectaron las especies que no fueron incluidas en la colecta previa, siguiendo el procedimiento anterior.

4.7.2. Muestreo de vegetación

Para aplicar el muestreo sistemático se eligió al azar el intervalo, medido en número de pasos, al cual se colocaron las unidades de muestreo empleadas para hacer las mediciones cuantitativas y cualitativas y el transecto lineal sobre el cual se colocarían dichas unidades (Mastocedo y Fredericksen, 2000; Müeller y Ellenberg, 1974). El intervalo resultante fue de 25 y 10 pasos de distancia entre las unidades de muestreo y transectos lineales respectivamente (figura 2). Las unidades de muestreos fueron una figura de puntos (figura 3) y una parcela de un metro cuadrado (figura 4). Con la figura de puntos se registró el primer toque para vegetación, identificando cada especie de zacate perenne, para calcular la composición florística, también llamada composición botánica (Mastocedo y Fredericksen, 2000; Franco *et al.*, 1989; Müeller y Ellenberg, 1974). Las

parcelas se emplearon para contar número de plantas de cada especie de zacates perennes dentro la misma, para el cálculo de algunos índices ecológicos (Müeller y Ellenberg, 1974).

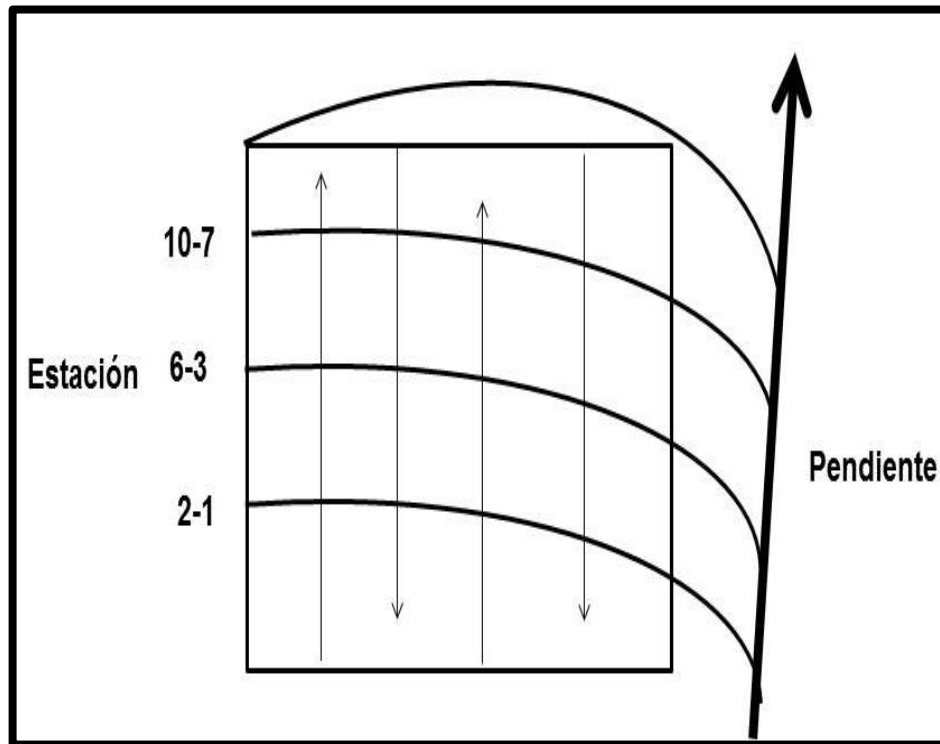


Figura 2. Distribución de unidades de muestreo.



Figura 3. Método Punto de intercepción (Mastocedo y Fredericksen, 2000).

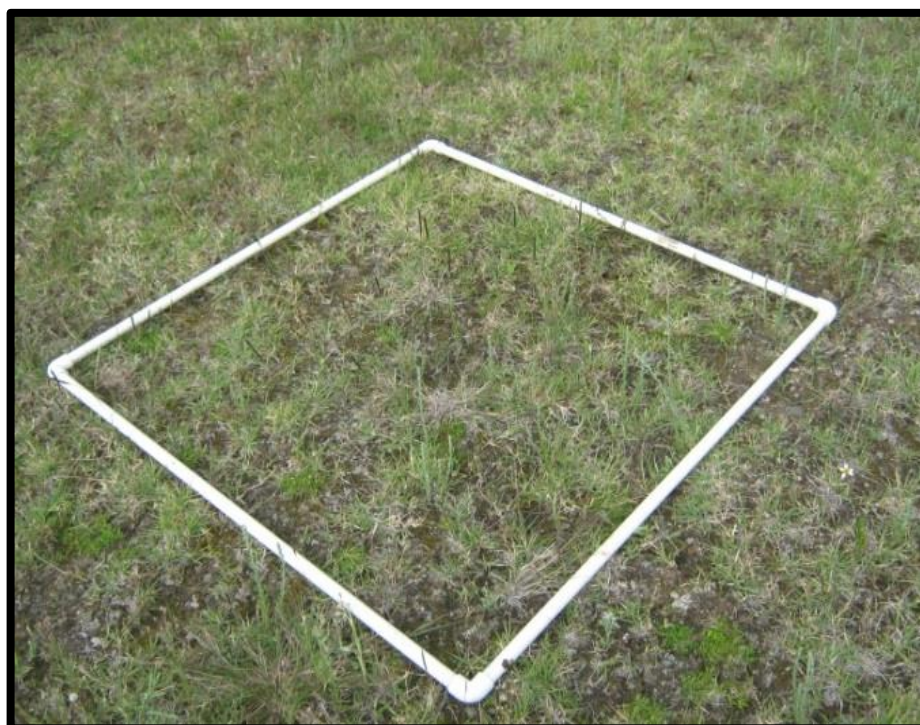


Figura 4. Método Cuadrante (Mastocedo y Fredericksen, 2000).

4.7.3. Composición florística

La composición florística, o composición botánica, para cada estado seral; se calculó con base al número de toques para cada especie (número de veces que se registró cada especie) entre el número total de toques para vegetación. El cociente resultante (CF) se reportó como porcentaje de la especie de una comunidad de zacates (Mastocedo y Fredericksen, 2000; Matteucci y Colma, 1982; Müeller y Ellenberg, 1974). Los cálculos para cada especie se hicieron con programa SAS (Statistical Analysis System) para Windows v. 9.0.

$$CF_i = \frac{\text{Número de exitos para la especie } i}{\text{Número total de exitos para la vegetación}} \times 100$$

Los cálculos para composición florística, o botánica, se emplearon para agrupar unidades de muestreo según el tipo de especies de zacates perennes con la finalidad de establecer un gradiente de desarrollo de la comunidad de zacates; y así tener un conjunto de seis estados seral (grupos) (Valverde, 2005; Dalmaso, 2010) (figura 5). A cada sere se le calculo índices ecológicos alfa y beta.



Figura 5. Distribución de estados seral.

4.7.4. Índices ecológicos

Los índices de diversidad alfa calculados fueron Simpson, Shannon-Wiener, Margalef, Menhinick; y los índices diversidad beta fueron Jaccard, Morisita y Sorensen (Franco *et al.*, 1989; Ludwig y Reynolds, 1988). Los cálculos respectivos se realizaron mediante el programa de Microsoft Excel 2007, declarando los procedimientos matemáticos para cada índice según Franco *et al.* (1989) y Ludwig y Reynolds (1988).

4.7.5. Índices de diversidad alfa

4.7.6. Índice de Simpson

Este índice se calculó para cada sere, como la sumatoria del número de plantas (p) para cada especie (i) al cuadrado.

$$D = \sum pi^2$$

4.7.7. Índice de Shannon-Wiener

El índice de Shannon-Wiener (H), se calculó como la suma de los productos de las proporciones de cada especie (pi) multiplicada por el logaritmo natural del número de plantas para cada especie. Para que el valor sea positivo se antepone el signo negativo.

$$\sum_{i=1}^S pi \ln pi$$

4.7.8. Índice de Margalef

Este índice se calculó con base al número total de especies (S) en cada sere y al logaritmo natural del número total de plantas para todas las especies (N) en el respectivo sere.

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$$

4.7.9. Índice de Menhinick

El índice de Menhinick (D_{Mn}) se calculó con base al número total de las especies (S) en cada sere y la raíz cuadrada del número total de especies (N).

$$D_{Mn} = \frac{S}{\sqrt{N}}$$

4.7.10. Índices beta

4.7.11. Índice de Jaccard

El índice de Jaccard (I_j) se calculó como la proporción del número total de especies que son comunes para cada par adyacente de sere (c) del valor resultante al sumar el número de total de especies en sere (a+b) menos el total de especies comunes a cada par de sere adyacente (c).

$$I_j = \frac{c}{a + b - c}$$

4.7.12. Índice de Morisita

El índice de Morisita (I_δ) se calculó como el producto del número total de plantas en cada cuadro empleado como unidad de muestreo (n) en los sere y la sumatoria del número de cada especie en cada sere (x_i) dividido por el producto del número de individuos en cada cuadro (n) y el promedio de plantas por especie ($\bar{x}$).

$$I_\delta = \frac{n \sum X_i (X_i - 1)}{n\bar{x}(n\bar{x} - 1)}$$

4.7.13. Índice de Sorensen

El índice de Sorensen (I_{Scuant}) fue el cociente que resultó de dividir el producto de dos por de la sumatoria más baja de cada especie compartidas entre dos sere; por la suma del número de plantas para el sere antecedido (aN) y el sere procedido (bN).

$$I_{Scuant} = \frac{2pN}{aN + bN}$$

4.8. Análisis de suelo

En cada sere se identificó la especie de gramínea dominante con base a la composición florística. En campo se ubicaron tres lugares con las especies dominantes y se realizó un perfil de suelo (pozo cubico) (figura 6) de manera que las plantas seleccionadas quedaron en una orilla de los pozos. En esta orilla se colectó una muestra de suelo de aproximadamente un kilogramo de tres profundidades; 0 a 10, 10 a 20 y 20 a 30 cm (Bélanger y

Van Rees, 2008; FAO, 1999), para determinar el efecto de su presencia sobre algunas propiedades físicas y químicas del suelo. También se realizó en un área totalmente desnuda tres pozos para cavar y coleccionar muestras de suelo a las mismas profundidades (figura 7). Así mismo se tomaron submuestras de suelo de cada punto de vegetación para hacer una muestra compuesta (FAO, 1999) para ver las características generales del área de estudio. Los valores de las propiedades físicas y químicas de estas muestras de suelo se consideraron como el punto de referencia para comparar el efecto de las distintas especies de gramíneas.



Figura 6. Perfil de suelo de una gramínea dominante.



Figura 7. Área totalmente desnuda como punto de referencia.

Las muestras de suelo colectadas se colocaron en bolsas de plástico, identificadas con una clave para la especie de gramínea, número de muestra y profundidad de suelo; para ser transportadas al Laboratorio de Recursos Naturales de la Universidad Autónoma Chapingo.

4.8.1. Análisis químico de suelo

Las muestras de suelo colectadas fueron analizadas según la NOM-021-RECNAT-2000 y los métodos de Robledo y Maldonado (1997). Las determinaciones químicas fueron pH por el método de Potenciómetro, la conductividad eléctrica, el contenido de materia orgánica (Walkley y Black, AS-07), el contenido de nitrógeno (Digestión ácida y arrastre de vapor (kjeldahl)), fósforo (Bray-P1), calcio y magnesio (acetato de amonio), potasio, sodio, de hierro, cobre, manganeso y zinc (DTPA y EDTA).

4.8.2. Análisis Físico de Suelo

El análisis físico se realizó con los métodos establecidos por la NOM-021-RECNAT-2000. La densidad aparente se determinó por el método de la probeta (Rojas, 2012), la densidad real por el método picnómetro (AS-04), la textura por el método Bouyoucus (AS-09), la capacidad de campo y punto de marchitamiento permanente con el procedimiento de la olla y membrana de presión (AS-06).

4.8.3. Análisis Estadístico

Para los datos el número de toques, o registros para cada especie, se organizaron en Excel y se procesó con el programa SAS (Statistical Analysis System, v. 9.0) para obtener la media aritmética y el total para calcular el porcentaje de cada especie en relación al total de la vegetación registrada.

Con la base de datos para las determinaciones químicas y físicas de las muestras de suelo (Y_{ij}), se analizó el efecto de las especies dominantes sobre algunas propiedades físicas y químicas del suelo, en tres niveles de profundidad (P_i) dentro de cada grupo. El modelo estadístico empleado fue para un diseño completamente aleatorizado, la comparación de medias fue por la prueba de Tukey (Gómez *et al.* 2012) con el programa SAS (Statistical Analysis System, v. 9.0).

$$Y_{ij} = \mu + P_i + \epsilon_{ij}$$

5. Resultados y Discusión

5.1. Características de las sere identificadas

5.1.1. Composición florística

En el sitio abandonado a un proceso de colonización natural, se ha establecido una comunidad de zacates perennes cuya composición florística varía en el espacio. Se identificaron seis asociaciones de especies de zacates distribuidas en el espacio ocupando áreas donde interactúan entre sí, y con el suelo que habitan (Ricklefs y Miller, 2000; Smith y Smith, 2000; Connell y Slatyer, 1997; Clements, 1916) las diferencias en la composición florística, en el espacio, se atribuyen a las habilidades de cada especie de zacates para colonizar el área y a posibles diferencias iniciales en las características físicas y químicas del suelo (Swanson *et al.*, 1916; Granados y López, 2000; Kardol *et al.*, 2006; Bazzaz, 1979, Clements, 1916). Cada asociación de zacates, que ocupa un hábitat específico, es una evidencia clara de la existencia de bancos de semilla en tierras dedicadas a la agricultura, de la presencia de islas de vegetación nativa que sobrevivieron al cambio de uso de suelo (agrícola) y de la inmigración de semillas al área (Del Río *et al.*, 2003; Moretto, 2005).

En cada hábitat, la abundancia individual de las especies se debe a sus habilidades de facilitación, inhibición y tolerancia (Giliba *et al.*, 2011; Begon *et al.*, 1999; Connell y Slatyer, 1977). En *H. cenchroides*, la habilidad de inhibición está bien desarrollada debido a su hábito de crecimiento rastrero y colonización por estolones. Esta habilidad capacita a *H. cenchroides* para

una rápida tasa de colonización del hábitat y para reprimir la colonización de otras especies de zacates durante el proceso de sucesión vegetal; por lo que se forman. Al menos nueve especies que crecen en el hábitat dominado por *H. cenchroides*, tales como *Aegopon cenchroides*, *Lycurus phleoides*, *Aristida adscensionis*, entre otras. Han desarrollado la habilidad de tolerancia, que las capacita para ser indiferentes a la colonización inicial de *H. cenchroides*, en estadios tempranos del proceso de sucesión vegetal. En el cuadro uno se observa la composición florística y la asociación de la comunidad de zacates.

Cerca de este sitio hay una comunidad de *H. cenchroides*, en la que se pudo identificar plantas de *L. phleoides* y *A. adscensionis*, creciendo entre las plantas de *H. cenchroides*, presumiblemente debido a su capacidad de tolerancia (Giliba *et al.*, 2011; Begon *et al.*, 1999; Connell y Slatyer, 1977).

Esto hace suponer que la habilidad de facilitación de *H. cenchroides*, al inicio de la colonización temporalmente, mejora las condiciones edáficas y de retención de humedad que favorecen el crecimiento de otros zacates al inicio del proceso de la sucesión vegetal, habilidad que parece perderse en estadios avanzados de sucesión vegetal, donde la *H. cenchroides* es la especie dominante.

Cuadro 1. Composición florística de la comunidad de zacates de un área, previamente cultivada, y actualmente abandonada a un proceso de

colonización natural, Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

Especie	Asociación de zacates					
	H-1	H-2	H-M	M-1	M-2	P-T
<i>Aegopogon cenchoides</i>	4.05	2.21	5.42	25.00	6.74	10.34
<i>Aristida adscensionis</i>	5.83	1.84	1.81	0	2.25	0
<i>Aristida schiedeana</i>	0	1.65	0	0	0	0
<i>Bothriochola ischaemum</i>	2.59	0	1.81	0	1.12	0
<i>Briza subaristata</i>	0	0	0.6	0	0	0
<i>Bromus exaltatus</i>	0	0	0	0	3.37	0
<i>Bromus unioloides</i>	0.49	0.18	0	0	0	0
<i>Cologania obovata</i>	1.46	1.47	1.81	3.57	0	0
<i>Conyza sp.</i>	0.97	2.21	1.2	0	6.74	0
<i>Desmodium spp.</i>	1.46	1.27	0	0	5.62	0
<i>Eryngium carlinae</i>	0.97	2.94	12.05	0	0	0
<i>Festuca spp.</i>	5.83	0	0	0	3.37	0
<i>Dryopteris spp.</i>	0.16	0	0	0	0	0
<i>Penstemon sp.</i>	2.27	0	0	0	0	0
<i>Hilaria cenchroides</i>	13.43	49.26	12.65	0	30.34	0
<i>Juniperos deppeana</i>	0.49	0	0	3.57	1.12	0
<i>Lupinus exaltatus</i>	0	0.18	0	0	0	0
<i>Lycurus phleoides</i>	4.21	4.78	0	3.57	0	0
<i>Microchloa kunthii</i>	1.46	5.15	0	3.57	2.25	0
<i>Muhlenbergia emersleyi</i>	2.27	0	0	0	0	0
<i>Muhlenbergia hirsuta</i>	0	0	10.24	0	0	0
<i>Muhlenbergia peruviana</i>	0	0	0	0	6.74	5.17
<i>Muhlenbergia rigida</i>	0	1.65	1.81	0	0	1.03
<i>Muhlenbergia robusta</i>	2.75	2.57	6.63	25.00	11.24	5.17
<i>Pesthemon barbatus</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Piptochaetium fimbriatum</i>	1.46	0.18	0	0	0	22.41
<i>Piptochaetium virescens</i>	0	0.55	0	3.57	0	0
<i>Quercus frutex</i>	0	0	0	14.29	3.37	15.51
<i>Stevia spp.</i>	39.00	18.2	39.76	3.57	11.24	5.17
<i>Stipa ichu</i>	0	0	0	7.14	0	0
<i>Trifolium spp.</i>	0.97	0	0	0	0	0
<i>Trisetum spicatum</i>	1.46	3.68	1.81	0	4.49	25.86

H-1= *Hilaria cenchroides*, especie más abundante + 11 especies de zacates que representan el 32.4%

H-2= *Hilaria cenchroides*, especie abundante + 12 especies de zacates que representan el 24.62%

H-3= *Hilaria cenchroides*, especie abundante + 8 especies de zacates que representan el 31.71%

M-1= *Muhlenbergias* especies abundantes + 4 especies de zacates que representan el 35.71%

M-2= *Muhlenbergias* especies abundantes + 6 especies de zacates que representan el 53.57%

P-T= Piptochaetium- Trisetum especies abundantes + 5 especies de zacates que representan el 53.43%

En los hábitats donde las *Muhlenbergia* fueron abundantes, existen islas de vegetación, en lo que fueron bordos que limitaban las pequeñas terrazas de cultivo. La vegetación de estos bordos, principalmente zacates, fueron frecuentemente quemados en la temporada de secas (marzo-abril) para favorecer el rebrote y el consumo del mismo por los rebaños de ovinos. Las cinco especies de *Muhlenbergia* son tolerantes a la quema por lo que con el tiempo estas dominaron los bordos. Estas especies son de crecimiento erecto y su habilidad para colonizar el área abandonada se limita a suelos de los bordos; a diferencia de *H. cenchroides* que colonizó los suelos de las terrazas. Esto explica, la diferencia en la riqueza de especies, de 8 a 12 especies de zacates en los hábitats con *Muhlenbergia* (cuadro 1).

En el presente trabajo se pudieron distinguir dos patrones de sucesión vegetal, uno de *H. cenchroides* y otro con *Muhlenbergia* spp. como especies abundantes. *H. cenchroides* colonizó suelos previamente cultivados y su función parece ser retención y formación de suelo, reducción del escurrimiento superficial (Chávez y Vibrans, 2001). Otras especies de zacates, como el *P. fimbriatum* tienen preferencia por hábitat muy específicos localizados en pequeñas porciones de la comunidad de zacates. La preferencia por un área, dentro de una comunidad vegetal específica, como la de zacates; parece estar asociado con propiedades físicas y químicas de los suelos, al contenido de materia orgánica y a la

capacidad del suelo para retener agua (Miranda, 2004; Sánchez-Rodríguez *et al.*, 2003).

5.2. Índices de Diversidad

5.2.1. Diversidad alfa

Se calcularon cuatro índices de diversidad para cada asociación de zacates (cuadro 2). Para interpretar los índices se elaboró una escala única para todos los índices (figura 8), excepto para los índices de Menhinick y Margalef cuyos valores supera la unidad.

Cuadro 2. Índices de diversidad alfa para cada asociación de especies zacates, de una comunidad de zacates perennes, de un sitio abandonada a la colonización natural, de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

Asociación	Simpson	Shannon-Wiener	Menhinick	Margalef
H-1	0.508	1.049	17.521	1.746
H-2	0.810	0.461	25.139	1.240
H-M	0.259	1.535	7.615	1.970
M-1	0.607	0.774	5.831	1.701
M-2	0.436	0.991	8.485	1.870
P-T	0.540	0.801	3.162	2.171

Simpson: 0: no hay dominancia, 1: hay mayor dominancia

Shannon-Wiener: 0: no hay abundancia, 1: hay abundancia

Margalef: <1: poca diversidad, >5: mayor diversidad

H-1 = *Hilaria cenchroides*, especie más abundante + 11 especies de zacates que representan el 32.4%

H-2 = *Hilaria cenchroides*, especie abundante + 12 especies de zacates que representan el 24.62%

H-3 = *Hilaria cenchroides*, especie abundante + 8 especies de zacates que representan el 31.71%

M-1 = Muhlenbergias especies abundantes + 4 especies de zacates que representan el 35.71%

M-2 = Muhlenbergias especies abundantes + 6 especies de zacates que representan el 53.57%

P-T = *Pitochaetum-Trisetum* especies abundantes + 5 especies de zacates que representan el 53.43%

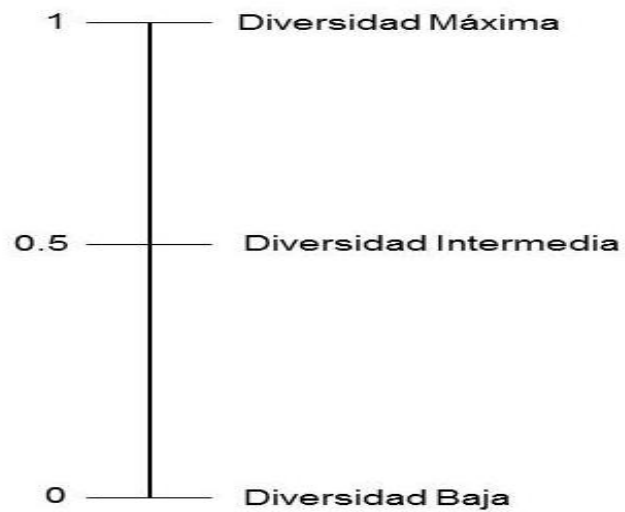


Figura 8. Escala para la interpretación de Índice Índices de diversidad alfa, elaborado con base a información de Valverde (2005) y Zambrano *et al.* (2009).

En general, los índices de Simpson (0.44-0.60) y Shannon-Wiener (0.77-1.53) revelan mediana diversidad de especies vegetales y mayor diversidad de especies vegetales, respectivamente para la mayoría de las asociaciones de especies de zacates (cuadro 2, figura 8), como consecuencias de diferencias en los procedimientos matemáticos para ambos índices. Sin embargo, el índice de Menhinick revela una amplia diferencia en la diversidad de especies vegetales. A diferencias del índice de Margalef que fue más uniforme en el valor para diversidad de especies. El uso de más de un índice para analizar la diversidad de especies vegetales permite concluir que la diversidad de especies es única para cada asociación (Villarroel *et al.*, 2010; Franceschi *et al.*, 2009).

5.2.2. Diversidad beta

Los índices de Jaccard y Sorensen se emplean para comparar comunidades vegetales dentro de un mismo ecosistema o entre diferentes ecosistemas. Por lo que en este estudio se compararon algunas asociaciones de zacates con otros (cuadro 3). Los resultados revelan semejanza en la diversidad de especies entre grupos de asociaciones de zacates. El índice de Morisita revela similar patrón de distribución de las especies vegetales.

Cuadro 3. Índices de diversidad beta para los diferentes grupos de asociaciones de zacates, para la comunidad de zacates perennes de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

Sere	Jaccard	Sorensen	Morisita
H-1 vs H-2	0.264	0.717	1.624
H-M vs M-1	0.148	0.347	1.909
M-2 vs M-3	0.206	0.521	1.360
M-1			1.548
M-2			1.360
M-3			1.797

Jaccard: 0: no comparten especies, 1: comparten todas las especies

Sorensen: 0: no hay similitud entre comunidades, 1: completa similitud entre comunidades

Morisita: >1: distribución agregada, 1: distribución aleatoria, <1: distribución regular

El uso de estos índices ha sido útil para comparar diferencias en la diversidad de especies entre comunidades y definir patrones de distribución entre comunidades (Alanís *et al.*, 2010; Zarco *et al.*, 2010).

5.3. Cambios en las propiedades físicas y químicas de suelo en los diferentes grupos de asociaciones de zacates, de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

La teoría de la sucesión vegetal sostiene, que como consecuencia de cambio en la composición florística ocurren cambios en las propiedades físicas y químicas del suelo que habitan, creando un nicho. Enfatiza que cada especie crea condiciones edáficas, en el habita, para su sobrevivencia, crecimiento, y reproducción (Ricklefs y Miller, 2000; Smith y Smith, 2000; Begon *et al.*, 1999; Margalef 1997a; Lindeman, 1942; Clements, 1916). Para confirmar lo anterior se seleccionaron tres sitios pequeños en cada grupo de zacates (cuadro 1), habitado por las especies abundantes. Con base a la teoría de la sucesión vegetal, se consideró a cada grupo de zacates como estadios de desarrollo de una comunidad de zacates; y se propuso un posible orden para la comunidad clímax que podrían formar (figura 9).

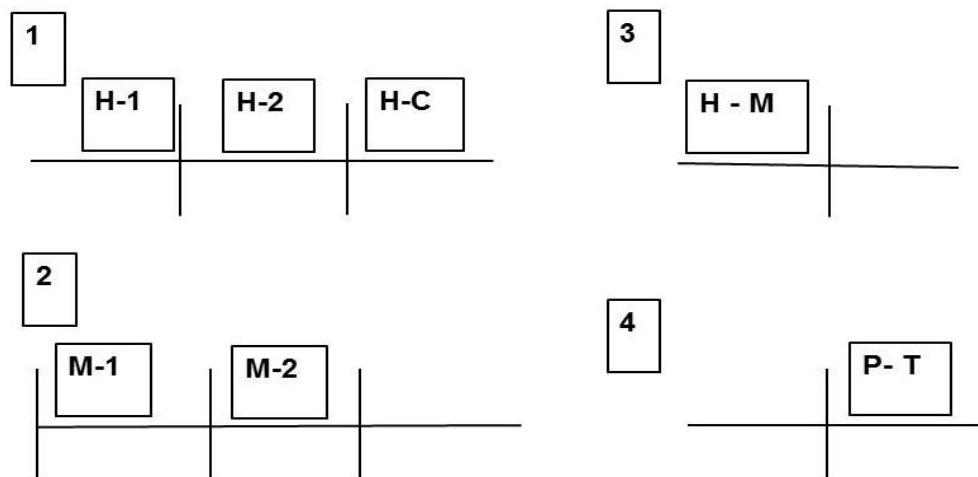


Figura 9. Modelos para estadios de desarrollo de comunidades de zacates dominada por *Hilaria cenchroides* (1), por *Muhlenbergia* spp. (2), por *Hilaria-Muhlenbergia* (3) y por *Piptochaetium fimbriatum* – *Trisetum spicatum* (4).

Muy cerca del sitio de estudio hay zonas plenamente dominados por *H. cenchroides* y por *Muhlenbergia* spp., con estas observaciones visuales y con los datos de composición florística se propuso un modelo de sucesión para una comunidad de zacates cortos dominada por *H. cenchroides* (H-C), y otro para una comunidad de zacates amacollados dominada por *Muhlenbergia robusta* (M-C). Para ambos casos, se supone que el punto final de los estadios de desarrollo, es la dominancia de las especies abundantes por sus habilidades de inhibición y tolerancia.

Para la co-dominancia de *H. cenchroides* y *Muhlenbergia*; y para *P. fimbriatum* y *Trisetum spicatum* no fue posible suponer un modelo debido insuficientes estadios de desarrollo y a que alrededor del sitio de estudio no se identificaron porciones del pastizal con plena dominancia de estas especies. Al parecer prefieren condiciones muy particulares de humedad en el suelo, presencia de mantillo y sombra.

5.4. Determinaciones químicas de la muestra compuesta del suelo en los diferentes grupos de asociaciones de zacates, de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

Los resultados de la muestra compuesta en el cuadro 4, muestran el pH (6.61) que según Castellanos *et al.* (2000) es ideal en el suelo. La conductividad eléctrica indica la NOM-021-RECNAT-2000 que es muy ligeramente salino. Para la materia orgánica (2.02 %) como la NOM-021-RECNAT-2000 establece un porcentaje medio y en el caso del Nitrógeno (23.7 mg kg⁻¹) se dice que hay una clase media respecto a la NOM-021-RECNAT-2000.

Cuadro 4. Resultados de la muestra compuesta en los diferentes grupos de asociaciones de zacates, de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

pH:	CE (dSm ⁻¹):	MO (%):	N (mg kg ⁻¹): 23.7	P (ppm): 5.35
6.61	0.18	2.02		
K (mg kg ⁻¹):	Ca (mg kg ⁻¹):	Mg (mg kg ⁻¹):	Fe (mg kg ⁻¹):	Cu (mg kg ⁻¹):
336	1816	385	73.95	0.64
Zn (mg kg ⁻¹):	Mn (mg kg ⁻¹):	B (mg kg ⁻¹):	Arena %:	Limo %:
2.54	22.42	1.86	39.6	37.3
Arcilla %:	Textura:			
23.1	Franco			

El contenido de fósforo disponible en el suelo (5.35 mg kg⁻¹) es bajo según lo indica Castellanos *et al.* (2000); la determinación de potasio (336 mg kg⁻¹) indica que es medio de acuerdo a este autor así como también clasifica al contenido de calcio (1816 mg kg⁻¹) como medio y en función del contenido de magnesio indica que es medio (385 mg kg⁻¹).

Respecto a los micronutrientes (Fe, Cu, Zn, Mn) la NOM-021-RECNAT-2000 establece un valor adecuado. Para el Boro (1.86 mg kg⁻¹) dicha norma indica que tiene un rango alto. Así mismo establece que el área reforestada presenta una textura franco.

Los resultados de la muestra compuesta presentan de manera general las características de los suelos indicando que tienen una fertilidad media ya que todos los nutrientes muestran una razonable disponibilidad.

Sin embargo las muestras de suelo que se tomaron por especies de pastos dominantes, se puede decir que es más específico por la profundidad con que se tomó (0-10, 10-20, 20-30 cm) indican que en estos suelos los nutrimentos tienen valores bajos por lo que se tiene una fertilidad baja a diferencia de la muestra compuesta que se tomó por cada punto de muestreo. Coincidiendo con Cantú (2003) que se debe al crecimiento y mecanismos de dispersión eficiente de las especies.

5.5. Propiedades físicas del suelo

5.5.1. Textura del suelo en los diferentes grupos de asociaciones de zacates, de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

Los suelos colonizados por zacates nativos franco, sin preferencia alguna por la dominancia de alguna partícula del suelo (cuadro 5). La deposición aleatoria de las partículas del suelo en el área de estudio da como resultados que algunas porciones del mismo sean declarados como franco, franco arcilloso, franco limoso y arcilloso limoso (Castellanos *et al.*, 2000). Al parecer este tipo de suelos podrían favorecer el intercambio de gases y el movimiento interno del agua (Meza y Geissert, 2003); así como retención de nutrientes para las plantas que los habitan (Fernández, 2004).

Cuadro 5. Resultados de textura a diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

Perfil de suelo Profundidad (cm)		Arena %	Limo %	Arcilla %	Clasif.
Suelo	0-10	50.92	22.56	26.56	Franco
	10-20	38.92	30.56	30.52	Franco Arcilloso
	20-30	32.92	30.56	36.52	Franco Arcilloso
<i>Hilaria cenchroides</i> Punto 1	0-10	35.64	32.56	31.8	Franco Arcilloso
	10-20	39.64	34.56	25.8	Franco
	20-30	26.92	40.58	32.5	Franco Limoso
<i>Hilaria cenchroides</i> Punto 2	0-10	45.64	28.56	25.8	Franco
	10-20	51.64	22.56	25.8	Franco
	20-30	37.64	30.56	31.8	Franco Arcilloso
<i>Hilaria cenchroides</i> Punto 3	0-10	44.92	36.56	18.52	Franco
	10-20	48.92	32.56	18.52	Franco
	20-30	46.92	30.56	22.52	Franco
<i>Muhlenbergia</i> sp. Punto 1	0-10	54.92	30.56	14.52	Franco
	10-20	58.92	24.56	16.52	Franco
	20-30	54.92	30.56	14.52	Franco
<i>Muhlenbergia</i> sp. Punto 2	0-10	58.92	28.56	12.52	Franco
	10-20	56.92	28.56	14.52	Franco
	20-30	56.92	28.56	14.52	Franco
<i>Muhlenbergia</i> sp. Punto 3	0-10	53.64	24.56	21.8	Franco
	10-20	55.64	30.56	13.8	Franco
	20-30	51.64	32.56	15.8	Franco
<i>Piptochaetium fimbriatum</i> Punto 1	0-10	57.64	28.56	13.8	Franco
	10-20	56.92	26.58	16.5	Franco
	20-30	47.64	28.56	23.8	Franco
<i>Piptochaetium fimbriatum</i> Punto 2	0-10	43.64	34.56	21.8	Franco
	10-20	43.64	32.56	23.8	Franco
	20-30	31.64	44.56	23.8	Franco limoso
<i>Piptochaetium fimbriatum</i> Punto 3	0-10	48.92	38.56	12.52	Franco
	10-20	42.92	26.56	30.56	Franco Arcilloso
	20-30	32.92	24.56	42.52	Arcillo Limoso

Resultados similares a este trabajo se presentan en un estudio realizado por Geissert e Ibáñez (2008) donde determinaron textura de suelo en fincas de café y en bosque mesófilo de montaña de la región centro del estado de Veracruz, obteniendo en la zona cafetalera una textura franca a franco-limosa y para el bosque fue franco-arenosa a arenosa.

Esto se debe al tipo de agregado, poros y a las condiciones favorables para el buen desarrollo de las raíces de las plantas, así como la materia orgánica y a la clase de suelos (Fernández, 2004).

5.5.2. Densidad aparente en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

La densidad aparente del suelo fue similar entre las muestras de suelo (cuadro 6), ya que los suelos de la comunidad de zacates es franco con variantes entre sitios de arenoso a arcilloso (NOM-021-RECNAT-2000) probablemente debido a la deposición y combinación aleatoria de los constituyentes de la textura, arena, arcilla y limo (cuadro 5; Rojas, 2012), sin relación evidente con el contenido de materia orgánica como se ha observado en suelos agrícolas (Flores *et al.*, 2012). En general, la densidad aparente del suelo es menor a la de suelos de sistemas agroforestales (1.43 gcm^{-3} , Murray *et al.*, 2011), pero similar a la de suelos colonizados por gramíneas ($1.17\text{-}1.28 \text{ gcm}^{-3}$; Vázquez *et al.*, 2009; Brady and Weil, 2008).

Cuadro 6. Resultados de densidad aparente a diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

Perfil de suelo	Profundidad (cm)	Densidad Aparente (g/cm ³)	Perfil de suelo	Profundidad (cm)	Densidad Aparente (g/cm ³)	Perfil de suelo	Profundidad (cm)	Densidad Aparente (g/cm ³)
Suelo	0-10	1.25	<i>Muhlenbergia</i> sp. Punto 1	0-10	1.31	<i>Piptochaetium fimbriatum</i> Punto 2	0-10	1.25
	10-20	1.35		10-20	1.42		10-20	1.35
	20-30	1.35		20-30	1.72		20-30	1.25
<i>Hilaria cenchroides</i> Punto 1	0-10	1.06	<i>Muhlenbergia</i> sp. Punto 2	0-10	1.28	<i>Piptochaetium fimbriatum</i> Punto 3	0-10	1.19
	10-20	1.19		10-20	1.35		10-20	1.31
	20-30	1.19		20-30	1.56		20-30	1.25
<i>Hilaria cenchroides</i> Punto 2	0-10	1.21	<i>Muhlenbergia</i> sp. Punto 3	0-10	1.19			
	10-20	1.28		10-20	1.38			
	20-30	1.25		20-30	1.31			
<i>Hilaria cenchroides</i> Punto 3	0-10	1.16	<i>Piptochaetium fimbriatum</i> Punto 1	0-10	1.31			
	10-20	1.31		10-20	1.66			
	20-30	1.35		20-30	1.78			

En un estudio realizado por Meza y Geissert (2003) en suelos andisoles o de origen volcánico en la ladera noroccidental del macizo montañosos del Cofre de Perote, calcularon densidad aparente teniendo un valor de 0.5 Mg m⁻³ indicando que los valores bajos de la densidad aparente se deben al desarrollo de una estructura porosa, y Murray *et al.* (2011) también indica que es una propiedad que está en relación directa con el contenido de carbono y de materia orgánica del suelo.

Esto demuestra que los suelos con buena estructura favorecen el flujo de aire, de agua y nutrientes a través de los espacios porosos y ofrecen una resistencia natural.

5.5.3. Densidad real en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

La densidad real de los suelos habitados por gramíneas fue similar a la del suelo desnudo ($p > 0.05$; cuadro 7). Esto revela que las raíces de los zacates no influyeron en las características físicas de los suelos que colonizaron y que el valor de esta propiedad física es similar a la de algunos suelos agrícolas (2.60 gcm^{-3} , Rubio, 2012).

Cuadro 7. Resultados de densidad real a diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

Perfil de suelo	Profundidad (cm)	Densidad real (g/cm^3)	Perfil de suelo	Profundidad (cm)	Densidad real (g/cm^3)	Perfil de suelo	Profundidad (cm)	Densidad real (g/cm^3)
Suelo	0-10	2.50	<i>Muhlenbergia</i> sp. Punto 1	0-10	2.40	<i>Piptochaetium fimbriatum</i> Punto 2	0-10	2.40
	10-20	2.57		10-20	2.45		10-20	2.48
	20-30	2.39		20-30	2.52		20-30	2.45
<i>Hilaria cenchroides</i> Punto 1	0-10	2.35	<i>Muhlenbergia</i> sp. Punto 2	0-10	2.48	<i>Piptochaetium fimbriatum</i> Punto 3	0-10	2.52
	10-20	2.37		10-20	2.65		10-20	2.37
	20-30	2.37		20-30	2.47		20-30	2.45
<i>Hilaria cenchroides</i> Punto 2	0-10	2.54	<i>Muhlenbergia</i> sp. Punto 3	0-10	2.50			
	10-20	2.35		10-20	2.72			
	20-30	2.32		20-30	2.50			
<i>Hilaria cenchroides</i> Punto 3	0-10	2.36	<i>Piptochaetium fimbriatum</i> Punto 1	0-10	2.45			
	10-20	2.38		10-20	2.59			
	20-30	2.39		20-30	2.48			

Murray, *et al.*, (2011) realizaron un estudio en un sistema agroforestal de la llanura costera norte de Nayarit, México donde evaluaron densidad real

obteniendo un promedio de 2.60 g-cm^{-3} , donde este valor medio es considerado para un horizonte superficial de un suelo agroforestal. El valor 2.60 g-cm^{-3} es aproximado ya que el término medio de la densidad de las partículas en un suelo superficial arable puede considerarse alrededor de 2.65. Lo anterior puede ser posible porque las partículas del suelo varían en su composición y densidad.

La densidad de las partículas no proporciona información acerca de los procesos físicos del suelo. Sin embargo, es un valor muy útil que participa en el cálculo de propiedades del suelo como la porosidad y la distribución del tamaño de las partículas. (UNAM, 2012).

5.5.4. Capacidad de campo en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

La capacidad de retención de agua por los suelos habitados por zacates nativos fue variable, pero similar a la del suelo desnudo (cuadro 8), debido a su similitud en la densidad aparente, densidad real y textura del suelo; que les confiere un tamaño o diámetro similar (Meza y Geissert, 2003).

Estos resultados de capacidad de campo se deben a la intervención macroporos y microporos, en consecuencia es una propiedad que depende más de la textura que de la estructura.

Cuadro 8. Resultados de la capacidad de campo a diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

Perfil de suelo Profundidad (cm)	% humedad (0.3 Atm)	Perfil de suelo Profundidad (cm)	% humedad (0.3 Atm)	Perfil de suelo Profundidad (cm)	% humedad (0.3 Atm)
Suelo	0-10 25.47	<i>Muhlenbergia</i> sp. Punto 1	0-10 20.33	<i>Piptochaetium</i> <i>fimbriatum</i> Punto 2	0-10 34.35
	10-20 28.15		10-20 15.68		10-20 21.97
	20-30 30.61		20-30 17.56		20-30 32.78
<i>Hilaria</i> <i>cenchroides</i> Punto 1	0-10 33.21	<i>Muhlenbergia</i> sp. Punto 2	0-10 16.02	<i>Piptochaetium</i> <i>fimbriatum</i> Punto 3	0-10 32.55
	10-20 30.62		10-20 15.67		10-20 28.87
	20-30 32.14		20-30 15.81		20-30 33.56
<i>Hilaria</i> <i>cenchroides</i> Punto 2	0-10 38.41	<i>Muhlenbergia</i> sp. Punto 3	0-10 24.73		
	10-20 18.27		10-20 18.66		
	20-30 31.07		20-30 20.16		
<i>Hilaria</i> <i>cenchroides</i> Punto 3	0-10 30.27	<i>Piptochaetium</i> <i>fimbriatum</i> Punto 1	0-10 22.56		
	10-20 24.45		10-20 16.50		
	20-30 23.01		20-30 22.78		

También Geissert e Ibáñez (2008) analizaron capacidad de campo de suelo en fincas de café y en bosque mesófilo de montaña de la región centro del estado de Veracruz donde obtuvieron valores de 0.31 a 0.35 cm⁻³ para suelos cafetaleros y de 0.23 a 0.30 0.35 cm⁻³ en suelos forestales, en el que hubo diferencia significativa, indicando una disponibilidad potencial de agua dentro de los primeros 20 cm de espesor, lo que equivale a 600-700 m³ ha⁻¹ para las fincas y 440-680 m³ ha⁻¹ para los bosques, tal diferencia se atribuye más a las propiedades del suelo que al tipo de uso, por lo que se coincide con este autor acerca de la textura de suelo.

5.5.5. Punto de marchitamiento permanente en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

El punto de marchitamiento permanente varía de un sitio a otro dentro de la comunidad de zacates (cuadro 9) variando de un rango de 7.08-21.03 %.

Se confirma en las propiedades físicas del suelo de un punto a otro, y que estas no pueden ser cambiadas por los zacates que en ellos crecen, a diferencia de suelos forestales (Gayoso y Alarcón, 1999).

Cuadro 9. Resultados del punto de marchitamiento permanente a diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

Perfil de suelo Profundidad (cm)		% humedad (0.15 Atm)	Perfil de suelo Profundidad (cm)		% humedad (0.15 Atm)	Perfil de suelo Profundidad (cm)		% humedad (0.15 Atm)
Suelo	0-10	11.27	<i>Muhlenbergia</i> sp. Punto 1	0-10	10.43	<i>Piptochaetium fimbriatum</i> Punto 2	0-10	20.05
	10-20	12.72		10-20	8.19		10-20	9.34
	20-30	17.90		20-30	8.55		20-30	20.80
<i>Hilaria cenchroides</i> Punto 1	0-10	21.44	<i>Muhlenbergia</i> sp. Punto 2	0-10	8.92	<i>Piptochaetium fimbriatum</i> Punto 3	0-10	15.72
	10-20	17.32		10-20	7.67		10-20	14.14
	20-30	14.16		20-30	7.25		20-30	21.03
<i>Hilaria cenchroides</i> Punto 2	0-10	16.64	<i>Muhlenbergia</i> sp. Punto 3	0-10	10.60			
	10-20	12.29		10-20	7.08			
	20-30	13.60		20-30	7.53			
<i>Hilaria cenchroides</i> Punto 3	0-10	12.69	<i>Piptochaetium fimbriatum</i> Punto 1	0-10	11.19			
	10-20	16.52		10-20	8.14			
	20-30	12.76		20-30	12.28			

Al igual que Geissert e Ibáñez (2008) determinaron punto de marchitez permanente (PMP) en fincas de café y en bosque mesófilo de montaña de la región centro del estado de Veracruz donde vario de 0.20 a 0.28 cm⁻³ para suelos cafetaleros y 0.17 a 0.21 cm⁻³ en suelos de bosque, por lo que los valores relativamente elevados de PMP indican que una cantidad apreciable de agua es retenida bajo fuerte tensión en el suelo y no está disponible para las plantas.

5.6. Propiedades químicas del suelo

5.6.1. pH en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

Tomando como punto de referencia el pH del suelo no colonizado se detectó que el suelo de los nichos habitados por los zacates fueron ligeramente más ácidos ($p > 0.05$, figura 10), atribuible a la actividad biológica de las raíces y presencia de materia orgánica en el suelo, particularmente la liberación de polisacáridos y gomas poliuronidas para retener cationes y excluir aniones, y mantener así el pH que requieren las raíces para crecer, aumentando la concentración de iones H⁺ (Vázquez *et al.*, 2009; Alan, 1973).

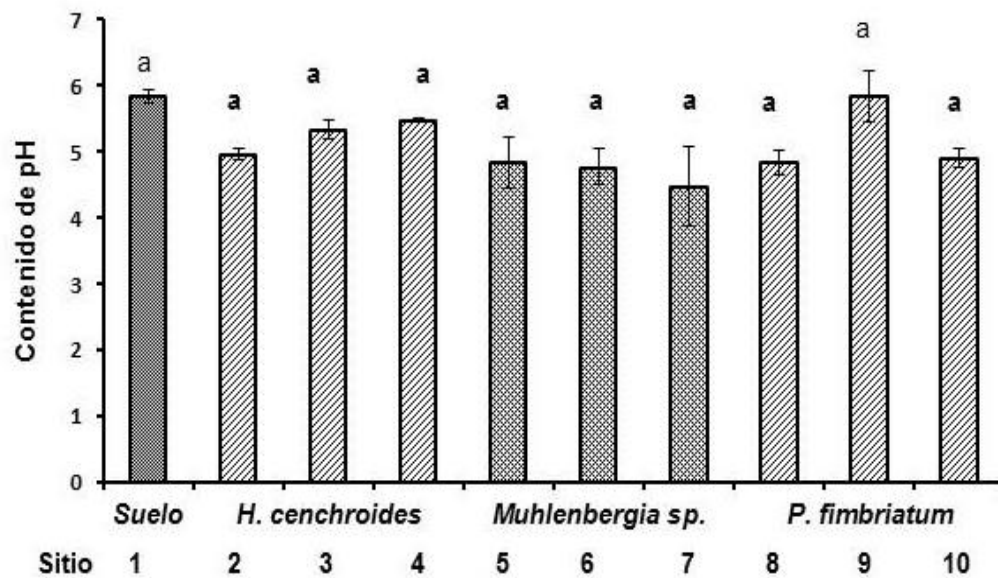


Figura 10. Comparación de medias de pH por sitio, sitios con letras iguales no existe diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

El pH del suelo que habitan las especies de zacates dominantes cambia de extremadamente ácido (<4.6), a ácido ($4.6-5.4$) y a moderadamente ácido ($5.5-6.4$) con la profundidad (Castellanos *et al.*, 2000; Alan, 1973, cuadro 10). A mayor profundidad el pH disminuye, la capa del suelo más ácida está ocupada por las raíces de las plantas de los zacates de *H. cenchroides* y *Muhlenbergia spp.* es muy probable la disminución del pH sea resultado de la desintegración y mineralización de compuestos orgánicos contenido en raíces muertas de estos zacates (Sarwar *et al.*, 2008, Alan, 1973). Este efecto no fue consistente para los sitios habitados por los zacates *P. fimbriatum* cuyos resultados contrastan con lo anteriormente señalado.

Esto concuerda con lo que reporta Acevedo *et al.* (2010) indicando que la acidez incide directamente en la fertilidad de los suelos, ocasionando un

cambio en la solubilidad de los elementos nutrimentales para las plantas y afectando de este modo la producción agrícola y forestal, así como especies de pastos.

Resultados similares en cuanto al pH obtuvo Acevedo *et al.* (2010) cuando lo evaluó en diferentes perfiles del suelo forestal de Acaxochitlán, Hidalgo, México. Los autores obtuvieron valores de 4.48 (muy ácido) a 6.70 (ligeramente ácido) indicaron que en esos suelos el pH la fertilidad era moderada debido principalmente a la limitada presencia de cationes básicos intercambiables; sin embargo en este estudio se tiene una baja fertilidad debido al nivel bajo de nutrientes.

Cuadro 10. Resultados de pH a diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

Perfil de suelo Profundidad (cm)		pH	Perfil de suelo Profundidad (cm)		pH	Perfil de suelo Profundidad (cm)		pH
Suelo	0-10	5.8	<i>Muhlenbergia</i> sp. Punto 1	0-10	4.6	<i>Piptochaetium</i> <i>fimbriatum</i> Punto 2	0-10	6.1
	10-20	5.7		10-20	4.7		10-20	6.1
	20-30	6.0		20-30	5.2		20-30	5.3
<i>Hilaria</i> <i>cenchroides</i> Punto 1	0-10	4.8	<i>Muhlenbergia</i> sp. Punto 2	0-10	5.4	<i>Piptochaetium</i> <i>fimbriatum</i> Punto 3	0-10	6.1
	10-20	5.0		10-20	4.1		10-20	4.3
	20-30	5.1		20-30	4.8		20-30	4.3
<i>Hilaria</i> <i>cenchroides</i> Punto 2	0-10	5.6	<i>Muhlenbergia</i> sp. Punto 3	0-10	4.5			
	10-20	5.3		10-20	4.2			
	20-30	5.1		20-30	4.7			
<i>Hilaria</i> <i>cenchroides</i> Punto 3	0-10	5.5	<i>Piptochaetium</i> <i>fimbriatum</i> Punto 1	0-10	5.6			
	10-20	5.5		10-20	4.3			
	20-30	5.4		20-30	4.6			

Castellanos *et al.*, (2002): pH extremadamente ácido (<4.6), ácido (4.6-5.4), moderadamente ácido (5.5-6.4), neutro (6.5-7.3), moderadamente alcalino (7.4-8.1), alcalino (8.2-8.8), extremadamente alcalino (> 8.9). NOM-SEMARNAT-2000. Fuertemente ácido (<5.0), moderadamente ácido (5.1-6.5), neutro (6.6-7.3), medianamente alcalino (7.4-8.5), fuertemente alcalino (> 8.5).

5.6.2. Conductividad eléctrica en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

La conductividad eléctrica fue menor en los suelos habitados por la *H. cenchroides* y *Muhlenbergias* spp. comparado con el suelo desnudo ($p < 0.05$, figura 11). Esto es una clara evidencia de los suelos de ambas comunidades de zacates, cortos y amacollados; la presencia de sales es nula. De otra forma los ácidos y compuestos formadores de ácidos liberados durante la descomposición de materia orgánica, reaccionarían con las sales presentes en el suelo, convirtiéndolas en sales solubles o al menos aumentar su solubilidad. Otra parte es que las raíces de ambas especies de zacates producen una cantidad despreciable de ácidos y sustancias formadoras de ácidos (Sawar *et al.*, 2008).

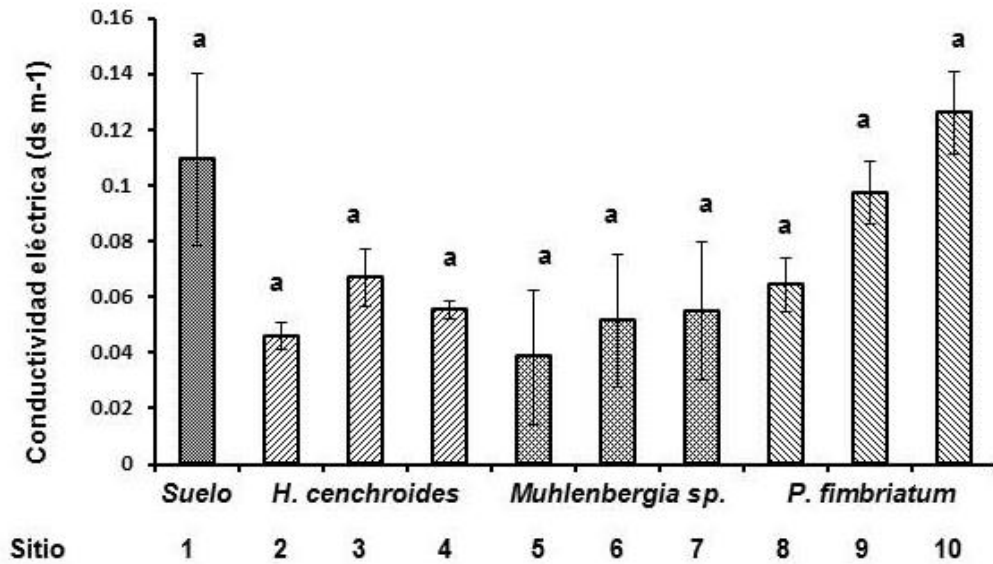


Figura 11. Comparación de medias de conductividad eléctrica por sitio, sitios con letras iguales no existe diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Por lo tanto se coincide con Aguilar *et al.* (1987) que la conductividad eléctrica es importante ya que las sales son utilizadas por las plantas como nutrientes, aun cuando su uso sea selectivo y preferente. Se observa en el cuadro 11 que conforme aumenta la profundidad es menor la conductividad eléctrica para las especies de pastos con relación al suelo.

Cuadro 11. Resultados de conductividad eléctrica a diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de

gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

Perfil de suelo Profundidad (cm)	C.E ds m ⁻¹	Perfil de suelo Profundidad (cm)	C.E ds m ⁻¹	Perfil de suelo Profundidad (cm)	C.E ds m ⁻¹
Suelo	0-10 0.07	<i>Muhlenbergia</i> sp. Punto 1	0-10 0.05	<i>Piptochaetium fimbriatum</i> Punto 2	0-10 0.14
	10-20 0.08		10-20 0.02		10-20 0.07
	20-30 0.17		20-30 0.03		20-30 0.07
<i>Hilaria cenchroides</i> Punto 1	0-10 0.05	<i>Muhlenbergia</i> sp. Punto 2	0-10 0.07	<i>Piptochaetium fimbriatum</i> Punto 3	0-10 0.16
	10-20 0.04		10-20 0.05		10-20 0.12
	20-30 0.04		20-30 0.03		20-30 0.08
<i>Hilaria cenchroides</i> Punto 2	0-10 0.08	<i>Muhlenbergia</i> sp. Punto 3	0-10 0.07		
	10-20 0.04		10-20 0.05		
	20-30 0.06		20-30 0.02		
<i>Hilaria cenchroides</i> Punto 3	0-10 0.05	<i>Piptochaetium fimbriatum</i> Punto 1	0-10 0.11		
	10-20 0.04		10-20 0.03		
	20-30 0.05		20-30 0.04		

NOM-SEMARNAT-2000: Efectos despreciables de la salinidad (<1.0), muy ligeramente salino (1.1-2.0), moderadamente salino (2.1-4.0), suelo salino (4.1-8.0), fuertemente salino (8.1-16.0) y muy fuertemente salino (>16.0).

5.6.2. Materia orgánica en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

El contenido de materia orgánica (MO) fue muy variable entre las muestras de suelo de las comunidades de zacates, razón por la cual no fue posible detectar diferencias con respecto al suelo desnudo (p>0.05, figura 12). Por lo que es posible declarar que la presencia de zacates (*H. cenchroides*, *P. fimbriatum* y *Muhlenbergia* spp.), especialmente sus raíces no producen materia orgánica. Como estos suelos no son arados o rastreados, el contenido de MO no es superior al de algunos suelos actualmente y

fertilizados con fertilizantes inorgánicos (Sawar *et al.*, 2008) ya que no hay dilución de la misma al ser mezclada con el suelo mineral.

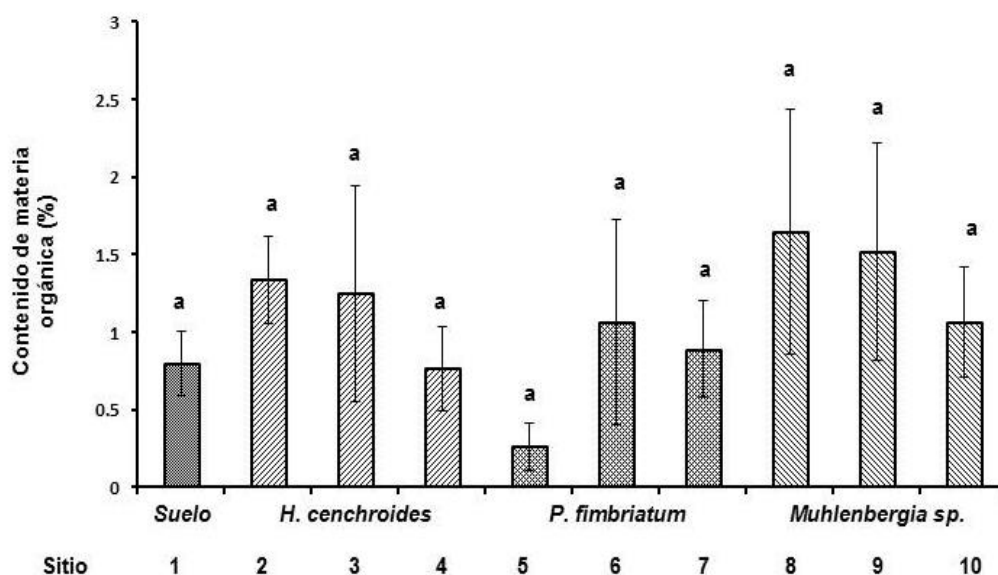


Figura 12. Comparación de medias de materia orgánica por sitio, sitios con letras iguales no existe diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

En general, el contenido de MO de las muestras de suelos analizadas disminuye con la profundidad a una tasa de 0.06 unidades porcentuales por cm ($p=0.0039$), el coeficiente de correlación para la asociación MO y profundidad del suelo fue de -0.763 ($p=0.0039$). de manera particular, la correlación fue negativa y significativa ($p=0.0062$) en el suelo habitado por las especies de *Muhlenbergia* spp. (-0.9995); pero no en el suelo desnudo (-0.9479, $p=0.2064$), y para los suelos habitados por *H. cenchroides* (-0.5447, $p=0.2064$), y *P. fimbriatum* (-0.3991, $p=0.7389$) debido a la amplia variabilidad observada entre las muestras de suelo colectadas (cuadro 12). Las tasas de disminución en el contenido de MO con la profundidad del

suelo en el suelo habitado por las especies de *Muhlenbergia* fue de 0.0885 unidades porcentuales por cm ($p < 0.0062$).

Este patrón de disminución ocurre en cualquier suelo agrícola (Alan, 1978). Aunque, en suelo desnudo la cantidad de MO disminuyó en un 86% (10-20 cm) y 37% (20-30 cm) con la profundidad no se pudo demostrar estadísticamente debido a la variabilidad existente en el suelo.

El contenido de MO determinado para los suelos estudiados, revela que los suelos habitados por zacates son pobres en este atributo (Castellanos *et al.*, 2000), y que el patrón de disminución no fue consistente en los mismos. Los resultados de este estudio demuestran que los zacates contribuyeron, de manera variable, a la acumulación de MO en el suelo.

Los aumentos fueron de 0.63 a 1.25% y de 0.62 a 2.0% en suelos con *H. cenchroides* y *Muhlenbergia* spp., al compararlos con el suelo desnudo, a 10 cm de profundidad. Esto debido a deposición de restos vegetales senescentes en el suelo, y a las raíces vivas y muertas. La presencia de raíces modifica la cantidad de MO a una profundidad de 30 cm de manera variable quizás sea debido a diferencias individuales en el tamaño y cantidad de las raíces; a la facilidad como crecen verticalmente y diferencias en la resistencia física de la porción de suelo que colonizan.

Cuadro 12. Resultados de materia orgánica a diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

Perfil de suelo Profundidad (cm)		*M.O. %	Perfil de suelo Profundidad (cm)		*MO. %	Perfil de suelo Profundidad (cm)		*M.O. %
Suelo	0-10	1.07	<i>Muhlenbergia</i> sp. Punto 1	0-10	3.21	<i>Piptochaetium fimbriatum</i> Punto 2	0-10	2.27
	10-20	0.93		10-20	1.07		10-20	0
	20-30	0.40		20-30	0.67		20-30	0.93
<i>Hilaria cenchroides</i> Punto 1	0-10	1.74	<i>Muhlenbergia</i> sp. Punto 2	0-10	2.81	<i>Piptochaetium fimbriatum</i> Punto 3	0-10	0.80
	10-20	1.47		10-20	1.34		10-20	1.47
	20-30	0.80		20-30	0.40		20-30	0.40
<i>Hilaria cenchroides</i> Punto 2	0-10	2.41	Muhlenbergia sp. Punto 3	0-10	0.93			
	10-20	0		10-20	1.74			
	20-30	1.34		20-30	0.53			
<i>Hilaria cenchroides</i> Punto 3	0-10	0.84	<i>Piptochaetium fimbriatum</i> Punto 1	0-10	0			
	10-20	0.26		10-20	0.53			
	20-30	1.20		20-30	0.26			

*Materia orgánica. Castellanos et al., 2000: Fina: muy bajo (<1.00), bajo (1.01-1.50), moderadamente bajo (1.51-2.00), medio (2.01-2.50), moderadamente alto (2.51-3.20), alto (3.21-4.20) y muy alto (>4.21), media: muy bajo (<0.80), bajo (0.81-1.20), mod. Bajo (1.21-1.80). Media (1.81-2.30), mod. Alto (2.31-3.00), alto (3.01-4.00) y muy alto (>4.01). Gruesa: muy bajo (<0.50), bajo (0.51-0.80), mod. Bajo (0.81-1.20), medio (1.21-1.60), mod. Alto (1.61-2.00) alto (2.01-3.00) y muy alto (>3.01). NOM-021-RECNAT-2000: Muy bajo (<0.5), bajo (0.6-1.5), medio (1.6-3.5), alto (3.6-6.0), muy alto (>6.0).

5.6.3. Nitrógeno en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

La cantidad de nitrógeno (N) en los suelos habitados por las tres especies de zacates fue sin diferencias entre ellos ($p>0.05$), siendo menor la cantidad de N en estos suelos con vegetación y el suelo desnudo ($p<0.05$, figura 13). Esto es sorprendente, ya que se esperaba encontrar mayor contenido de N en los suelos habitados por las especies de zacates, por contener mayor cantidad de materia orgánica. De hecho, no se obtuvo correlación

significativa ($p > 0.05$) entre el contenido de N y la cantidad de MO, excepto para el suelo habitado por *H. cenchroides* cuya correlación fue negativa ($r = -0.9986$, $p = 0.0333$), comprobándose en este caso que con la profundidad del suelo disminuye el contenido de N (Alan, 1973). Para el resto de las situaciones, la cantidad promedio de N fue similar en las tres profundidades del suelo, pese a la disminución de la MO con la profundidad del suelo. Quizás debido a que las formas de N inorgánico ($\text{NH}_4\text{-N}$ y $\text{NO}_3\text{-N}$), producto de la mineralización de los compuestos orgánicos nitrogenados, contenidos en la materia orgánica, son movibles (Aguilar *et al.*, 1978; Castellanos, *et al.*, 2000; Fernández, 2007). Y por lo tanto, fácilmente arrastradas por el agua que se filtra o probablemente sean absorbidas por las raíces de los zacates, reduciendo la cantidad de N.

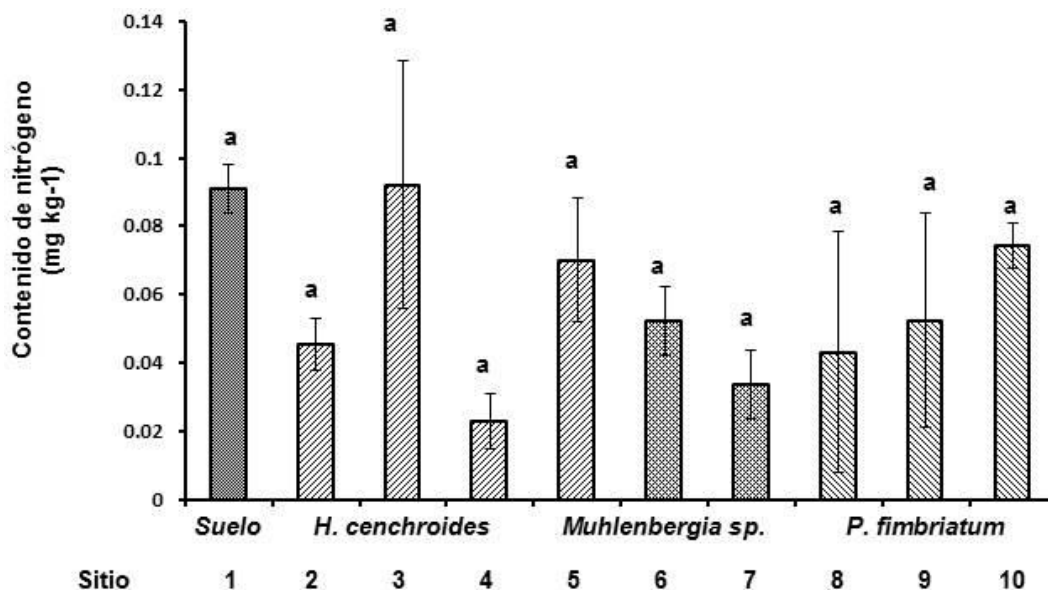


Figura 13. Comparación de medias de nitrógeno por sitio, sitios con letras iguales no existe diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

El suelo de la comunidad de zacates analizado es muy pobre (cuadro 14), en el contenido de N (NOM-021-RECNAT-2000; Alan, 1978), con una amplia variabilidad entre sitios y tipos de zacates que los habitan (cortos y amacollados). Esto es una evidencia de que cada especie vegetal tiene habilidades diferentes para modificar el suelo que habita (Fernández, 2004).

Cuadro 13. Resultados de nitrógeno total a diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

Perfil de suelo	Profundidad	N	Perfil de suelo	Profundidad	N	Perfil de suelo	Profundidad	N
	(cm)	(mg kg ⁻¹)		(cm)	(mg kg ⁻¹)		(cm)	(mg kg ⁻¹)
Suelo	0-10	0.10	<i>Muhlenbergia</i> sp. Punto 1	0-10	0.02	<i>Piptochaetium</i> <i>fimbriatum</i> Punto 2	0-10	0.05
	10-20	0.08		10-20	0.04		10-20	0.07
	20-30	0.08		20-30	0.14		20-30	0.03
<i>Hilaria</i> <i>cenchroides</i> Punto 1	0-10	0.03	<i>Muhlenbergia</i> sp. Punto 2	0-10	0.04	<i>Piptochaetium</i> <i>fimbriatum</i> Punto 3	0-10	0.06
	10-20	0.05		10-20	0.00		10-20	0.09
	20-30	0.04		20-30	0.11		20-30	0.06
<i>Hilaria</i> <i>cenchroides</i> Punto 2	0-10	0.04	<i>Muhlenbergia</i> sp. Punto 3	0-10	0.02			
	10-20	0.16		10-20	0.04			
	20-30	0.06		20-30	0.03			
<i>Hilaria</i> <i>cenchroides</i> Punto 3	0-10	0.03	<i>Piptochaetium</i> <i>fimbriatum</i> Punto 1	0-10	0.05			
	10-20	0.03		10-20	0.00			
	20-30	0.00		20-30	0.06			

NOM-021-RECNAT-2000: Muy bajo (0-10), bajo (10-20), medio (20-40), alto (40-60) y muy alto (>60).

5.6.4. Fósforo en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

El contenido de fósforo (P) fue similar ($p>0.05$) para los suelos habitados de zacates y suelo desnudo, sin vegetación, (figura 14). Debido a la amplia variabilidad observada en cada muestra de suelo, no se puede afirmar que la vegetación modifiko su ambiente en la cantidad de P no se encontró ninguna relación con la cantidad de P en el suelo y de MO como en algunos estudios se ha observado (Moretto *et al.*, 2005).

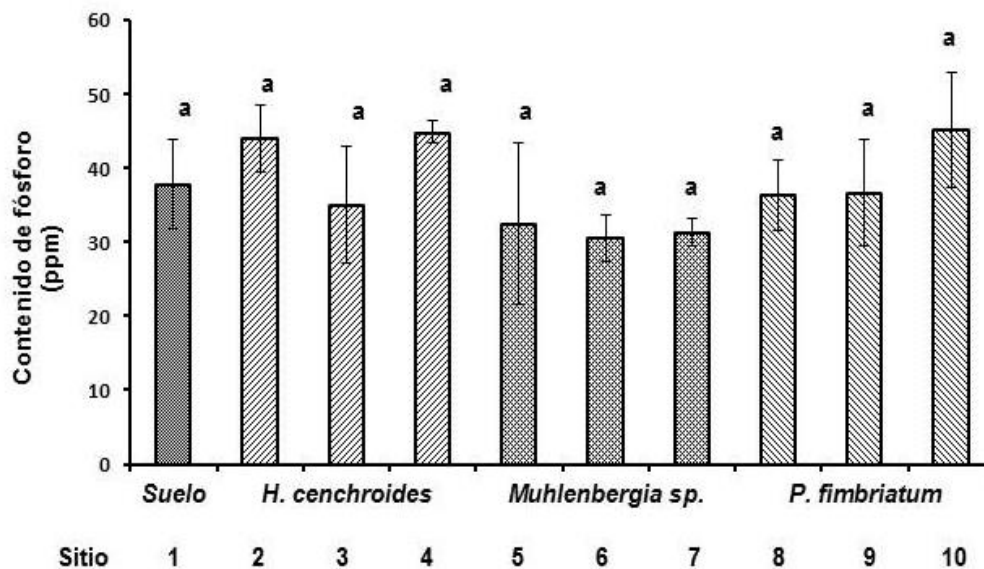


Figura 14. Comparación de medias de fósforo por sitio, sitios con letras iguales no existe diferencias significativas ($p\leq 0.05$).

Con la cantidad promedio de P los suelos de la comunidad de zacates se califican como moderados a ricos en este mineral (NOM-021-RECNAT-2000). Numéricamente, la cantidad de P disminuye gradualmente (cuadro 14), pero no pudo establecerse ninguna relación con la profundidad del suelo y MO ($p>0.05$).

Cuadro 14. Resultados de fósforo a diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

Perfil de suelo Profundidad (cm)		P (ppm)	Perfil de suelo Profundidad (cm)		P (ppm)	Perfil de suelo Profundidad (cm)		P (ppm)
Suelo	0-10	48.92	<i>Muhlenbergia</i> sp. Punto 1	0-10	34.79	<i>Piptochaetium fimbriatum</i> Punto 2	0-10	33.19
	10-20	36.76		10-20	23.36		10-20	42.73
	20-30	27.73		20-30	39.23		20-30	34.14
<i>Hilaria cenchroides</i> Punto 1	0-10	46.66	<i>Muhlenbergia</i> sp. Punto 2	0-10	44.91	<i>Piptochaetium fimbriatum</i> Punto 3	0-10	45.42
	10-20	50.09		10-20	23.07		10-20	48.33
	20-30	35.16		20-30	23.51		20-30	41.78
<i>Hilaria cenchroides</i> Punto 2	0-10	45.35	<i>Muhlenbergia</i> sp. Punto 3	0-10	18.62			
	10-20	40.40		10-20	29.84			
	20-30	19.36		20-30	45.42			
<i>Hilaria cenchroides</i> Punto 3	0-10	44.33	<i>Piptochaetium fimbriatum</i> Punto 1	0-10	48.63			
	10-20	42.44		10-20	45.86			
	20-30	47.68		20-30	14.48			

Castellanos *et al.*, 2000: muy bajo (0-4), bajo (5-10), mod. Bajo (11-20), medio (21-30), mod. Alto (31-40) alto (41-60) y muy alto (>61). NOM-021-RECNAT-2000: bajo (<5.5), medio (5.5-11) y alto (>11).

Lo anterior coincide con Peña *et al.* (2005) al analizar propiedades químicas como el fósforo en suelos desarrollados sobre serpentinita en A Coruña (Galicia, N. O. de España) resultando un valor de 2.7 (bajo) indicando que posiblemente se deba al poco desarrollo de la vegetación y al escaso aporte de restos de material del suelo.

5.6.5. Calcio en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

El contenido de calcio (Ca) en las muestras de suelo analizadas, en algunos casos se detectó más Ca en el suelo con *H. cenchroides* y *P. fimbriatum*, y menos en el suelo habitado por *Muhlenbergia* (figura 15).

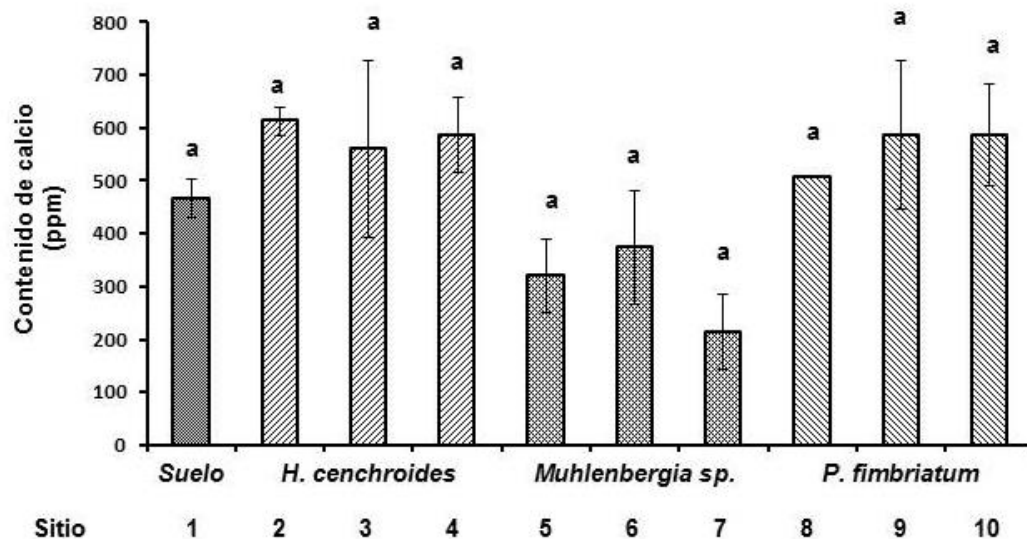


Figura 15. Comparación de medias de calcio por sitio, sitios con letras iguales no existe diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

No se encontró relación alguna entre la cantidad de Ca y MO; así como con la profundidad del suelo (cuadro 15). Presentan niveles de muy bajo (<500) a bajo (500-700) ppm (cuadro 11), esto se debe posiblemente a que la deficiencia de calcio es generalmente una indicación de la necesidad de cal.

Cuadro 15. Resultados de calcio a diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

Perfil de suelo		Ca	Perfil de suelo		Ca	Perfil de suelo		Ca
Profundidad		(ppm)	Profundidad		(ppm)	Profundidad		(ppm)
(cm)			(cm)			(cm)		
Suelo	0-10	520	<i>Muhlenbergia</i> sp.	0-10	320	<i>Piptochaetium fimbriatum</i>	0-10	800
			Punto 1			Punto 2		
	10-20	400		10-20	320		10-20	480
	20-30	480		20-30	320		20-30	480
<i>Hilaria cenchroides</i>	0-10	640	<i>Muhlenbergia</i> sp.	0-10	640	<i>Piptochaetium fimbriatum</i>	0-10	720
Punto 1			Punto 2			Punto 3		
	10-20	560		10-20	160		10-20	560
	20-30	640		20-30	320		20-30	480
<i>Hilaria cenchroides</i>	0-10	880	<i>Muhlenbergia</i> sp.	0-10	400			
Punto 2			Punto 3					
	10-20	320		10-20	80			
	20-30	560		20-30	160			
<i>Hilaria cenchroides</i>	0-10	480	<i>Piptochaetium fimbriatum</i>	0-10	640			
Punto 3			Punto 1					
	10-20	320		10-20	480			
	20-30	320		20-30	400			

Castellanos *et al.*, 2000: muy bajo (<500), bajo (500-750), mod. Bajo (750-1500), medio (1500-2500), mod. Alto (2000-3000), alto (3000-450) y mod. Alto (>4500).

Resultados semejantes obtuvo Acevedo *et al.* (2010) cuando evaluó calcio en diferentes perfiles del suelo forestales de Acaxochitlán, Hidalgo, México, presentando valores bajos a muy bajos, estos valores pueden ser considerados como un nivel crítico debido a las altas precipitaciones y a la pendiente del terreno. Sin embargo el suelo habitado con las gramíneas nativas es relativamente homogénea (Tucker, 1999).

5.6.6. Magnesio en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

La cantidad de magnesio (Mg) en las muestras de suelo, colectadas en la comunidad de zacates nativos no fue variable, por el cual no se detectaron diferencias estadísticas ($p>0.05$; figura 16) a pesar de que las diferencias con respecto al suelo desnudo entre son 50 y 150 ppm.

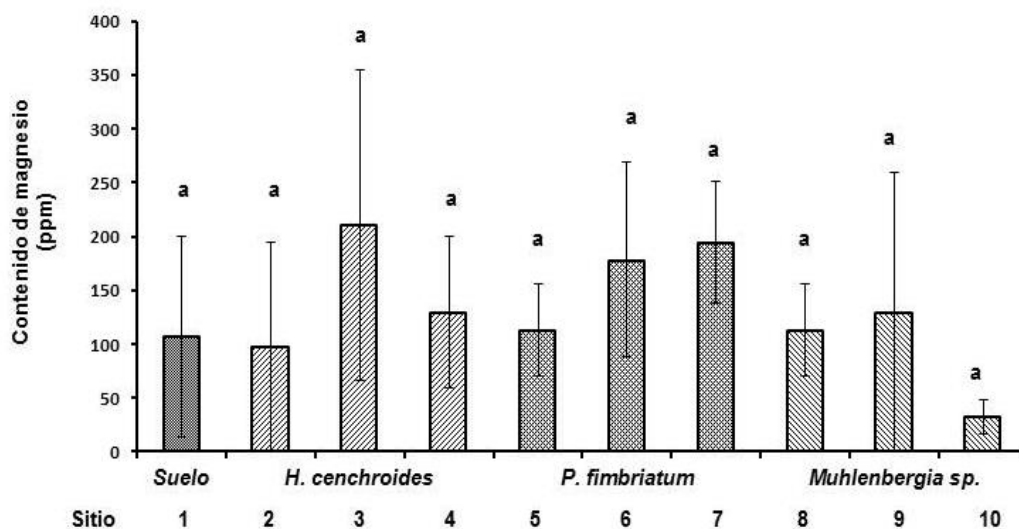


Figura 16. Comparación de medias de magnesio por sitio, sitios con letras iguales no existe diferencias significativas ($p\leq 0.05$).

El suelo de la comunidad de gramíneas nativas estudiado se califica como moderado en el contenido de Mg (Castellanos *et al.*, Peña *et al.*, 2005).

Peña *et al.*, (2005) analizaron el magnesio en suelos desarrollados sobre serpentinita en A Coruña (Galicia, N. O. de España) el cual tuvo un valor de 11.9 (muy bajo) pero un valor alto ya que domina totalmente sobre los otros cationes intercambiables, esto se debe principalmente a que la

serpentina mineral predominante en estas rocas, contiene altas proporciones de Mg ocupando los huecos octaédricos.

Este estudio es semejante al presentado por el autor anterior ya que ambos muestran niveles bajos de magnesio, sin embargo no en las características de suelos ya que los suelos serpentina son aquellos que tienen altas cantidades de serpentina y en este estudio no es el caso.

Cuadro 16. Resultados de magnesio a diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

Perfil de suelo Profundidad (cm)		Mg (ppm)	Perfil de suelo Profundidad (cm)		Mg (ppm)	Perfil de suelo Profundidad (cm)		Mg (ppm)
Suelo	0-10	24.3	<i>Muhlenbergia</i> sp. Punto 1	0-10	97.2	<i>Piptochaetium fimbriatum</i> Punto 2	0-10	243
	10-20	4.86		10-20	48.6		10-20	0
	20-30	291.6		20-30	194.4		20-30	291.6
<i>Hilaria cenchroides</i> Punto 1	0-10	0	<i>Muhlenbergia</i> sp. Punto 2	0-10	388.8	<i>Piptochaetium fimbriatum</i> Punto 3	0-10	97.2
	10-20	291.6		10-20	0		10-20	194.4
	20-30	0		20-30	0		20-30	291.6
<i>Hilaria cenchroides</i> Punto 2	0-10	486	<i>Muhlenbergia</i> sp. Punto 3	0-10	48.6			
	10-20	145.8		10-20	0			
	20-30	0		20-30	48.6			
<i>Hilaria cenchroides</i> Punto 3	0-10	145.8	<i>Piptochaetium fimbriatum</i> Punto 1	0-10	194.4			
	10-20	243		10-20	48.6			
	20-30	0		20-30	97.2			

Castellanos *et al.*, 2000: Fina: muy bajo (<750), bajo (750-1250), mod. Bajo (1250-2000), medio (2000-4000), mod. Alto (4000-6000), alto (6000-8000) y mod. Alto (>8000); media: muy bajo (<500), bajo (500-750), mod. Bajo (750-1500), medio (1500-2500), mod. Alto (2500-4000), alto (4000-6000) y mod. Alto (>6000); gruesa: muy bajo (<250), bajo (250-500), mod. Bajo (500-1000), medio (1000-1750), mod alto (1750-2250), alto (2250-3000) y mod. Alto (>3000).

5.6.7. Potasio en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

El contenido de potasio (K) fue menos variable en cada muestra de suelo analizada, menor en los suelos habitados por *H. cenchroides* y *Muhlenbergia* spp. y mayor en los suelos colonizados por el *P. fimbriatum* ($p < 0.05$; figura 17).

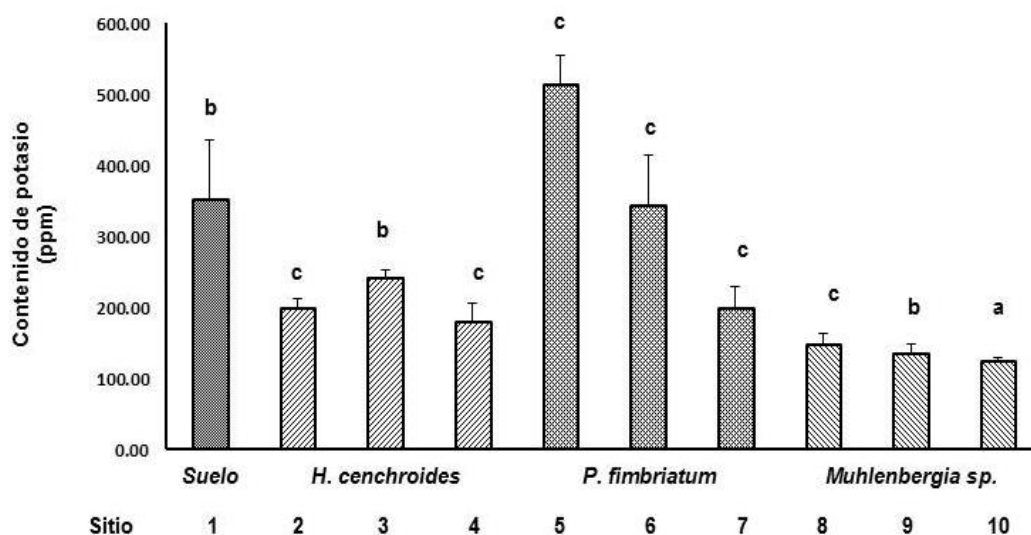


Figura 17. Comparación de medias de potasio por sitio, sitios con letras iguales no existe diferencias significativas (0.05).

Se presentan los resultados (cuadro 17) de potasio que indican que los niveles de potasio en el área reforestada son de Bajo (100-150), Moderadamente Bajo (150-200), Medio (200-300) y Moderadamente Alto (300-600) según Castellanos *et al.* (2000). Estos valores bajos de potasio pueden ser posibles debido a que su deficiencia es frecuente en suelos ácidos por el lavado que se asocia a estos valores bajos de pH, ya que el potasio es un elemento esencial de las plantas.

Cuadro 17. Resultados de potasio en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

Perfil de suelo Profundidad (cm)	K (ppm)	Perfil de suelo Profundidad (cm)	K (ppm)	Perfil de suelo Profundidad (cm)	K (ppm)
Suelo	0-10 292	<i>Muhlenbergia</i> sp. Punto 1	0-10 126	<i>Piptochaetium</i> <i>fimbriatum</i> Punto 2	0-10 304
	10-20 248		10-20 116		10-20 246
	20-30 518		20-30 132		20-30 480
<i>Hilaria</i> <i>cenchroides</i> Punto 1	0-10 172	<i>Muhlenbergia</i> sp. Punto 2	0-10 158	<i>Piptochaetium</i> <i>fimbriatum</i> Punto 3	0-10 506
	10-20 140		10-20 110		10-20 590
	20-30 228		20-30 138		20-30 446
<i>Hilaria</i> <i>cenchroides</i> Punto 2	0-10 260	<i>Muhlenbergia</i> sp. Punto 3	0-10 176		
	10-20 220		10-20 130		
	20-30 246		20-30 142		
<i>Hilaria</i> <i>cenchroides</i> Punto 3	0-10 172	<i>Piptochaetium</i> <i>fimbriatum</i> Punto 1	0-10 240		
	10-20 216		10-20 144		
	20-30 210		20-30 216		

Castellanos *et al.*, 2000: fina: muy bajo (<125), bajo (125-175), mod. Bajo (175-250), medio (250-450), mod. Alto (450-800), alto (800-1200), muy alto (>1200); media: muy bajo (<100), bajo (100-150), mod. Bajo (150-200), medio (200-300), mod. Alto (300-600), alto (600-1000), muy alto (>1000); gruesa*: muy bajo (<50), bajo (50-100), mod. Bajo (101-150), medio (151-250), mod. Alto (251-400), alto (401-600), muy alto (>600). * ó CIC<10cmol/kg.

Coincidiendo con Geissert e Ibáñez (2008) que determinaron potasio en fincas de café y en bosque mesófilo de montaña de la región centro del estado de Veracruz, el contenido de potasio alcanzó valores medios en los suelos cafetaleros (0.42 a 0.61 cmol kg⁻¹) y para los suelos forestales los valores fueron aún más bajos (0.19 a 0.33 cmol kg⁻¹) en la que existe diferencia significativa entre el cafetal y el bosque debido al manejo del agroecosistema cafetalero, el contenido de potasio del suelo mejoró. Lo

anterior coincide con este estudio ya que los niveles bajos de potasio de deben al bajo pH (ácido).

5.6.8. Cobre en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

La cantidad de cobre (Cu) no fue variable en el suelo colonizado por gramíneas, dentro del mismo grupo de zacates (figura 18). La cantidad de Cu en el suelo habitado por *H. cenchroides* (sitio 2) fue menor con relación al suelo desnudo.

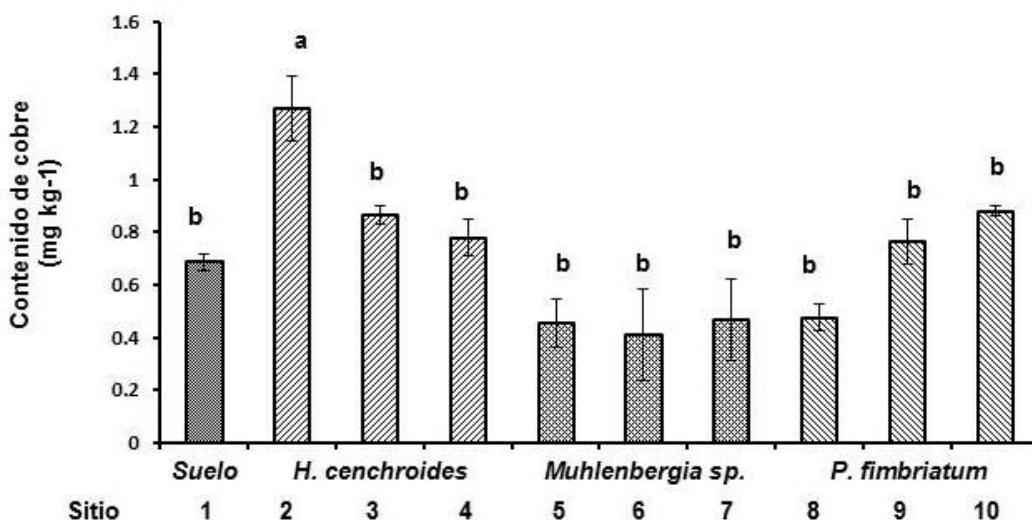


Figura 18. Comparación de medias de cobre por sitio, sitios con letras iguales no existe diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Según Fernández (2004) indica que el cobre tiene una dinámica propia de suelos forestales, con elevados contenidos de materia orgánica, sin embargo no se coincide con este autor ya que en este estudio se analizaron

especies de pastos y se tienen niveles bajos de materia orgánica pero si un adecuado nivel de cobre.

5.6.9. Hierro en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

La cantidad de hierro (Fe) en los suelos habitados por las especies fue de 1.5 a 6 veces mayor que en el suelo desnudo. En la mayoría de las muestras del suelo fue más de tres veces mayor (figura 19). En el suelo habitado por *Muhlenbergia* tuvo cuatro veces más Fe que el suelo desnudo y de 0.4 a una vez más Fe que el suelo colonizado por *H. cenchroides*.

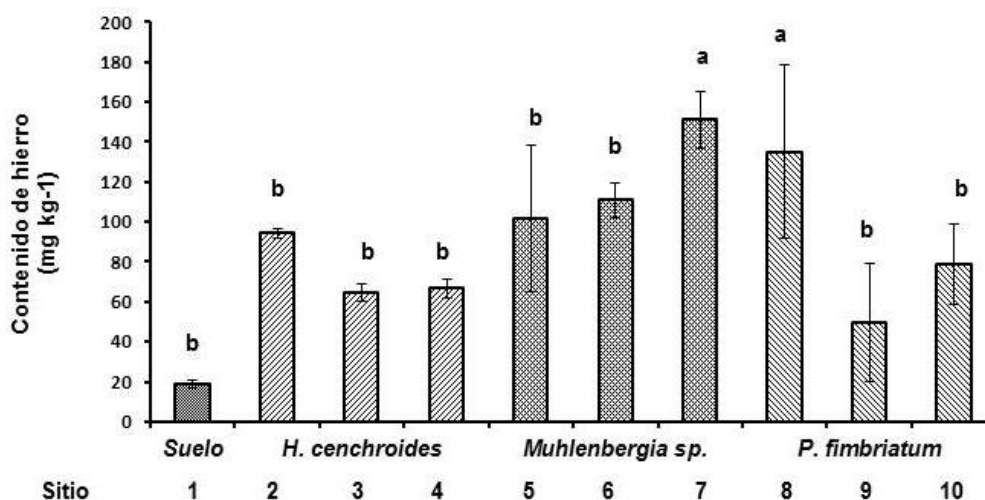


Figura 19. Comparación de medias de hierro por sitio, sitios con letras iguales no existe diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Fernández, (2004) indica que el hierro tiene las posibilidades de interactuar activamente del complejo de intercambio y estar disponible en función del pH, por lo que se coincide con este autor en relación a que en este estudio

se presentan niveles bajos de pH, aun así presentando niveles adecuados de hierro.

5.6.10. Manganeso en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

Se presentan los resultados del contenido de manganeso (figura 20) en el que se observa que solo hay diferencia significativa en dos sitios de *H. cenchroides* y en el sitio diez de *Muhlenbergia* spp. con relación al suelo, indicando que no hay mucha variabilidad del contenido de manganeso en las especies vegetales y el suelo entre los sitios de muestreo.

En la comunidad de estudio se tienen niveles adecuados de manganeso a pesar de que hay un pH bajo, por lo tanto se coincide con Fernández, (2004) que el hierro está disponible en función del pH.

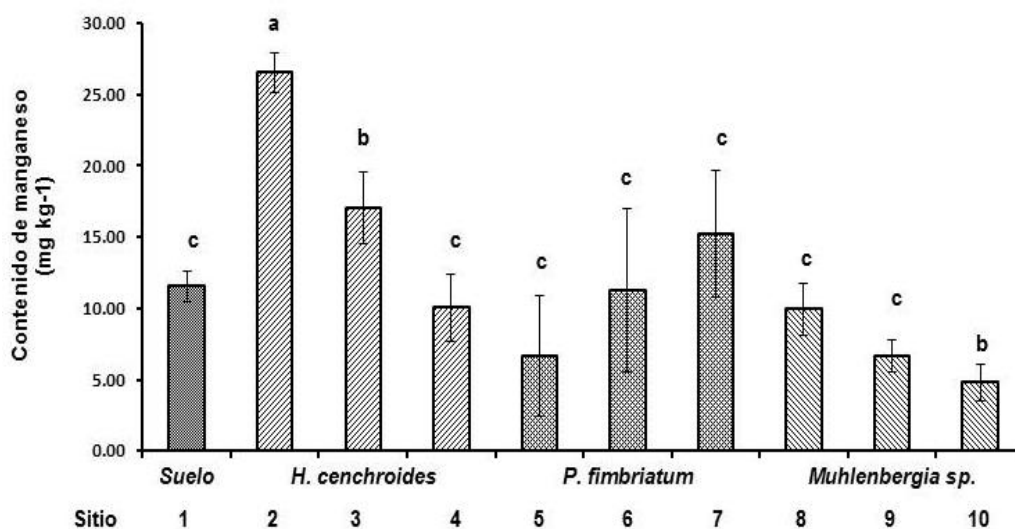


Figura 20. Comparación de medias de manganeso por sitio, sitios con letras iguales no existe diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

5.6.11. Zinc en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

Los resultados del contenido de zinc (figura 21) indican que no hay diferencias estadísticamente significativas entre el suelo y las especies dominantes de pastos, esto se debe a que el nutriente es poco móvil en el suelo.

Según Castellanos *et al.* (2000) indica que la disponibilidad del zinc es afectada por el pH, la textura fina, bajos niveles de materia orgánica y los altos contenidos de fósforo o magnesio, el cual concuerda con lo establecido en dicha comunidad de estudio, teniendo pH bajo, nivel de materia orgánica bajo, alto contenido de fósforo y adecuado magnesio.

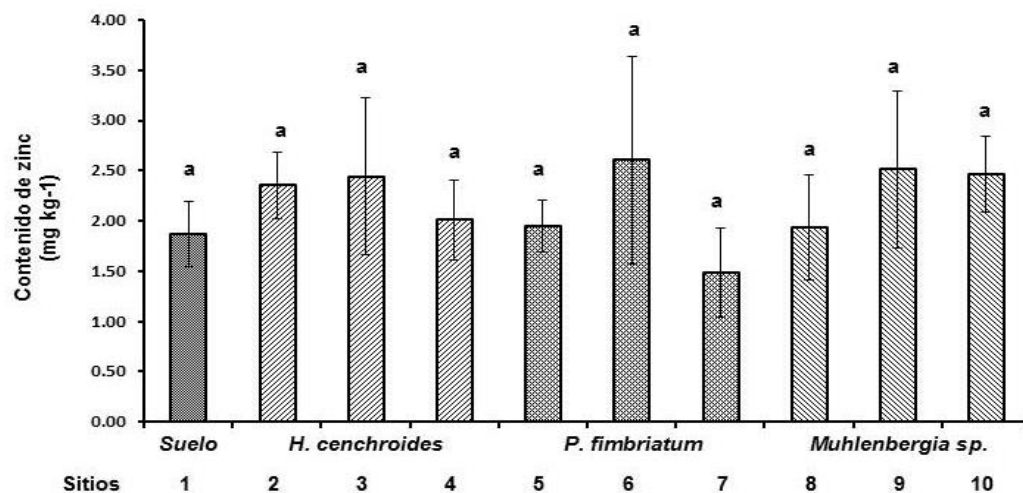


Figura 21. Comparación de medias de zinc por sitio, sitios con letras iguales no existe diferencias significativas (0.05).

5.6.12. Sodio en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

El contenido de sodio (figura 22) muestra que no hay diferencias significativas en los sitios de *Muhlenbergia spp.*, los sitios seis y siete de *P. fimbriatum*, dos y cuatro de *H. cenchroides* con relación al suelo, obteniendo solo diferencias para los sitios tres de *H. cenchroides* y cinco de *P. fimbriatum*. por lo que indica que son similares los sitios de muestreo, donde existe la falta de diferencia significativa, teniendo valores bajos de sodio.

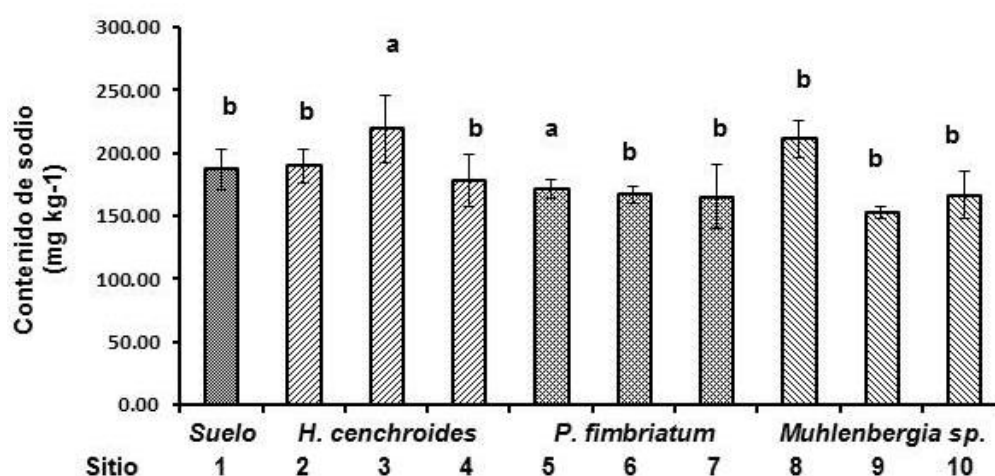


Figura 22. Comparación de medias de sodio por sitio, sitios con letras iguales no existe diferencias significativas (0.05).

5.6.13. Micronutrientes en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

Para los micronutrientes del suelo en el área reforestada presentan concentraciones deficientes de Cu, concentraciones adecuadas para Fe,

Mn y Zn según la NOM-021-RECNAT-2000 que clasifica a los micronutrientes como deficiente, marginal y adecuado (cuadro 18).

Una vez más se hace presente la relevancia de la materia orgánica que actúa como agente quelatante de micronutrientes, como el Fe y Mn y como fuente de ácidos húmicos y fúlvicos que en algunos casos pueden afectar la fisiología de la planta favorablemente. Por lo general se mostraron concentraciones bajas de sodio para estudio, el cual elimina los riesgos de sodificación del suelo.

Reporta Castellanos *et al.* (2000) que los principales factores que afectan la disponibilidad de hierro son el pH (>6.5) la presencia de bicarbonatos en la solución del suelo, carbonatos totales y carbonatos reactivos, la aireación, contenido de materia orgánica, temperatura de suelo y la interacción negativa con otros nutrientes tales como: cobre, manganeso, zinc y fósforo.

Así mismo Castellanos *et al.* (2000); argumenta que los principales factores que afectan la disponibilidad de manganeso son alto pH, suelos aluviales ricos en limo y arcilla, suelos con alto contenido de carbonatos, exceso de humedad y pobre aireación, bajas temperaturas del suelo, interacción con otros nutrientes tales como la alta concentración de Cu, Fe, y Zn.

Según Castellanos *et al.* (2000) deficiencias de Cu se presentan normalmente en suelos con alto contenido de MO donde el Cu es adsorbido

con gran fuerza, suelos muy arenosos sujetos a lavado, suelos alcalinos de cobre, condiciones de altos niveles de N, P, Mn o Zn.

Cuadro 18. Resultados de micronutrientes en diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

Perfil de suelo Profundidad (cm)		Cobre mg Kg ⁻¹	Fierro mg Kg ⁻¹	Manganeso mg Kg ⁻¹	Zinc mg Kg ⁻¹	Sodio mg Kg ⁻¹
Suelo	0-10	0.688	22.152	12.418	1.24	192
	10-20	0.63	19.698	12.836	2.042	212
	20-30	0.736	15.366	9.448	2.33	158
<i>Hilaria cenchroides</i> Punto 1	0-10	1.486	96.332	23.98	2.856	164
	10-20	1.268	97.024	28.736	1.726	206
	20-30	1.052	89.462	26.966	2.47	200
<i>Hilaria cenchroides</i> Punto 2	0-10	0.92	68.304	21.824	3.97	186
	10-20	0.804	69.388	13.544	1.968	200
	20-30	0.868	56.306	15.81	1.384	272
<i>Hilaria cenchroides</i> Punto 3	0-10	0.869	74.616	14.482	1.598	184
	10-20	0.642	66.8	6.286	2.794	140
	20-30	0.826	58.826	9.42	1.624	210
<i>Muhlenbergia</i> sp. Punto 1	0-10	0.506	187.55	13.448	2.784	186
	10-20	0.506	68.156	9.064	2.024	210
	20-30	0.352	48.888	7.404	0.988	238
<i>Muhlenbergia</i> sp. Punto 2	0-10	0.302	78.604	8.846	1.77	146
	10-20	0.578	169.486	5.672	4.082	152
	20-30	0.358	84.164	5.508	1.68	162
<i>Muhlenbergia</i> sp. Punto 3	0-10	0.458	114.988	7.33	2.936	186
	10-20	0.506	184.844	3.306	2.742	184
	20-30	0.442	153.946	3.78	1.724	130
<i>Piptochaetium fimbriatum</i> Punto 1	0-10	0.33	124.064	15.052	2.46	180

	10-20	0.456	203.586	2.634	1.652	178
	20-30	0.64	77.152	2.262	1.722	156
<i>Piptochaetium fimbriatum</i> Punto 2	0-10	0.558	65.398	22.624	4.658	164
	10-20	0.626	49.072	4.858	1.476	158
	20-30	1.11	34.914	6.318	1.674	180
<i>Piptochaetium fimbriatum</i> Punto 3	0-10	0.6	97.172	24.122	2.332	116
	10-20	1.13	88.476	11.16	1.306	182
	20-30	0.91	50.648	10.364	0.81	198

NOM-021-RECNAT-2000: Deficiente: Fe (<2.5), Cu (<0.2), Zn (<0.5) y Mn (<1.0); Marginal: Fe (2.5-4.5), Zn (0.5-1.0) y Adecuado: Fe (>4.5), Cu (>0.2), Zn (>1.0) y Mn (>1.0).

5.6.14. Relación de especies vegetales con la profundidad de un perfil de suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

El suelo es uno de los factores que determina la calidad de un sitio, siendo un componente importante del ecosistema forestal (Gayoso y Alarcón, 1999). La relación que existe de las especies vegetales con la profundidad de suelo (Cuadro 19) contiene únicamente los valores significativos de las propiedades químicas de las muestras de suelo y profundidad de suelos de especies vegetales.

El pH tiene un efecto significativo ($p < 0.0169$) para las muestras (especies) y no hay diferencia ($p < 0.0746$) para la profundidad, la asimilación de nutrientes del suelo por la planta está influenciada por el pH (Mingorance, 2010). La conductividad eléctrica presenta diferencias significativas tanto para las muestras (especies) ($p < 0.0142$) como para la profundidad ($p < 0.0494$), indicando que no hay problemas de salinidad.

Para la materia orgánica no existe efecto significativo en las muestras (especies) ($p < 0.5631$) ya que en esta vegetación no se observó materia orgánica, contrario a la profundidad en el perfil de suelo que se muestran diferencias significativas ($p < 0.0335$) presentándose en el rango de 0-10 cm, es por eso que la materia orgánica no solo juega un rol fundamental en el reciclado de los nutrientes, sino que actúa como un estrato aislante protegiendo al suelo de cambios extremos de temperatura y humedad, disminuyendo la erosión y favoreciendo la infiltración del agua como lo indica Moreto *et al.* (2005); Galantini y Suñer (2008).

Cuadro 19. Resultados de la relación entre especies vegetales y profundidad diferentes profundidades del suelo habitado por zacates de una comunidad de gramíneas nativas de la Colonia Ejidal Adolfo López Mateos, Hueyotlipan, Tlaxcala.

Muestra/ profundidad	pH	CE	MA	K	Ca	Cu	Fe	Mn	Na
H_3 - M_2					213.33 *	0.3663 *			
H_3 - M_3	1.0000 *				373.33 *		-84.5120 *		
H_3 - P_1							-68.1867 *		
H_3 - P_2				-144.00 *					
H_3 - P_3	-0.07067 *			-314.67 *					
H_3 - S	-0.05400 *			-155.33 *					
M_1 - M-2									58.0000 *
M_1 - P_1			1.3867 *		-186.67 *				
M_1 - P_2	-1.0000 *	-0.05900 *		-218.67	-266.67 *	-0.3100 *			
M_1 - S	-1.0000 *	-0.07100 *		-228.00 *			82.4593 *		
M_1 - P_3		-0.08767 *		-389.33 *	-266.67 *	-0.4253 *			
M_2 - S		-0.05767 *		-127.33 *			91.6798 *		
M_2 - P_2	-1.0667 *			-208.00 *	-213.33 *	-0.3520 *			
M_2 - P_3		-0.07433 *		-378.67 *	-213.33 *	-0.4673 *		-8.5400 *	
M_3 - P_1					-293.33 *				
M_3 - P_2	-1.3667 *			-194.00 *	-373.33 *		101.46 *	-6.4613 *	
M_3 - P_3	-0.07100 *			-364.67 *	-373.33 *	-0.4113 *	72.4940 *	- 10.4100 *	
M_3 - S	-1.3667 *	-0.05433 *		-203.33 *	-253.33 *			- 6.7620 *	
P_1 - P_2	-1.0000 *			-143.33 *			85.1393 *		
P_1 - P_3		-0.06167 *				-0.4047 *		- 8.5660 *	-314.00 *
P_1 - S	-1.0000 *						115.82 *		-152.67 *
P_2 - P_3	0.9333 *								-170.67 *
P_3 - S	-0.9333 *								161.33 *
0_10 - 10_20	0.4800 *	0.02980 *	0.0444 *		236.00 *		34.6858 *	6.6030 *	
0_10 - 20_30	0.3500 *	0.02800 *	0.0140 *		204.00 *			6.6846 *	

* Existe diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Para el caso del nitrógeno se ha demostrado que es el elemento simple más importante que generalmente tiene un bajo abastecimiento en los suelos, este estudio no tiene efecto significativo en las muestras ($p < 0.3408$) al igual que no presenta en la profundidad ($p < 0.5822$), a pesar que es un elemento que movible en el suelo.

Al igual que el nitrógeno, el fósforo no presentó ningún efecto significativo para las muestras ($p < 0.6001$), como tampoco para la profundidad ($p < 0.2333$), aquí el pH es un factor importante ya que influye en la disponibilidad del fósforo en el suelo (Moreno, 2011), contrario a lo que Fernández (2004) indica que el fósforo muestra mayor disponibilidad en el área no degradada, independiente de la estación del año.

Presentando efectos significativos de potasio en las muestras ($p < 0.0001$) y no para la profundidad ($p < 0.1537$), indicando que el porcentaje de potasio en el suelo no varía mucho, ni siquiera cuando se consideran largos periodos de tiempo Fernández (2004) muestra que el potasio disminuye en la medida que aumenta la profundidad del suelo.

Las variaciones locales en el calcio son generalmente debido a las diferencias en el material de matriz del suelo se dice que para las muestras hay diferencia significativa ($p < 0.0011$) y también para la profundidad ($p < 0.0001$).

Fernández (2004) indica que la dinámica de calcio está estrechamente relacionada a la de magnesio, en este análisis el magnesio no presenta diferencias significativas en lo que respecta a las muestras (vegetación) ($p < 0.9455$) y a la profundidad ($p < 0.5496$) por lo que una alta concentración de calcio puede provocar una deficiencia de magnesio (Castellanos *et al.*, 2000).

Tal como se discutió anteriormente, la concentración de nutrientes en el perfil de suelo fue diferente en las capas de suelo, ya que dicha concentración de los minerales se encuentra en los primeros 0-20 cm.

6. Conclusiones

Como resultado de la evaluación de la composición florística se identificaron seis asociaciones de zacates, atribuyendo las habilidades que tiene cada una de estas especies a las características físicas y químicas del suelo.

Se distinguieron dos patrones de sucesión vegetal, el primero conformado por *H. cenchroides* que colonizó suelos previamente cultivados y que cumple la función de retención, formación de suelo y reducción del escurrimiento superficial, y el formado por *Muhlenbergia* spp., especies que dominaron los bordos de cultivos y son tolerantes a la quema.

La evaluación de los indicadores ecológicos, indica que la diversidad alfa muestra que en las etapas serales no hay dominancia entre especies y su diversidad es menor; la diversidad beta muestra que son especies compartidas y tienen baja similitud.

Al caracterizar las propiedades físicas y químicas del suelo se tuvo baja fertilidad, se conoció que la vegetación que puede desarrollarse en este tipo de suelo son algunos zacates.

7. Recomendaciones

Se recomienda continuar con el estudio de la sucesión vegetal, para seguir ubicando las diferentes etapas serales en una comunidad y contribuir al uso sostenible y conservación de ecosistemas.

Proponer prácticas de encalado ya que es una buena elección para mejorar las condiciones de acidez en los suelos.

8. Literatura citada

- Acevedo, S. O., Valera-, P. MA., Prieto, G, F. 2010. Propiedades físicas, químicas y mineralógicas de suelos forestales en Acaxochitlán, Hidalgo, México. Universidad y Ciencia Trópico Húmedo. Recuperado el 23 de octubre de 2013.
- Aguilar, S.A., Etchevers B. J.D. y Castellanos, R. J. Z. 1987. Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Publicación especial No.1. 215 pp.
- Alan, W. 1973. Russell's soil conditions and plant growth. Eleven edition. Longman Scientific and Technical.
- Alanís, R, E., J. Jiménez, P.M. Pando, M.O.A. Aguirre, C.E.J. Treviño, G. y García, G. P.C. 2010. Efecto de la restauración ecológica post-incendio en la diversidad arbórea del Parque Ecológico Chipinque, México. Madera y Bosques 16(4):39-54.
- Arbelo, C.D. Rodríguez, R. A. Guerra, J.A Mora, J-L. 2002. Calidad del Suelo y Sucesión Vegetal en Andosoles Forestales de las Islas Canarias Dpto. Edafología y Geología, Facultad de Biología, Universidad de La Laguna, Avda. Astrofísico Francisco Sánchez s/n, 38204, La Laguna, Tenerife (Islas Canarias).
- Badii, M. H., J. Landeros., y E. Cerna. 2007. Patrones de asociación de especies y sustentabilidad. Daena: International Journal of Good Conscience. 3 (1): 632-660.
- Baraja, G. C. I., 2005. Evaluación de la Diversidad de la Flora en el Campus Juriquilla de la UNAM. Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla. Bol-e, Vol. 1, No. 2. Recuperado el 19 de Enero 2013.
- Barrantes, G. & Sandoval L., 2009. Conceptual and statical problems associated with the use of diversity indices in ecology. Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSSN-0034-7744) vol. 57 (3): 451-460. Recuperado el 19 de Enero de 2013.
- Bazzaz, A. F. 1979. The physiological ecology of plant succession. Ann. Rev. Ecol. Syst. 10: 351-371.
- Begon, M., Harper L. J., and Townsend R.C. 1999. Ecología. Tercera Edición. Ediciones Omega. Pp. 1148.
- Bélanger, N. and Van Rees C. J.K. 2008. Sampling Forest Soils. In soil sampling and methods of analysis. Edited by Carter R. M. and Gregorich G. E. Canadian Society of Soil Science. Second Edition.
- Betancourt, Y. P., Hernández, G. A., Oropeza, J.L., y Ordaz, C. V. 2001. Rendimiento de especies forrajeras y caracterización de suelos degradados por erosión hídrica. Rev. Fac. Agron. (LUZ), 18: 56-67.

- Boccanelli, S.I. 2011. Dinámica de la vegetación luego del abandono de campos agrícolas en el sur de la Provincia de Santa Fe, Argentina. Facultad de Ciencias Agrarias U.N.R., Argentina.
- Bouza, C. N., Covarrubias, D. 2005. Estimación del índice de Diversidad de Simpson en m Sitios de Muestreo. Revista Investigación Operacional, vol. 26 No. 2. Recuperado el 14 de Mayo de 2013.
- Brady, N.C., Weil, R. 2008. The nature and properties of soils. 14 th edition. Prentice Hall, Inc. New Jersey.
- Cantú, B. J. E. 2003. Principios de bromatología. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna. Torreón Coahuila. 261 pp.
- Clayton, W.D., Vorontsova, M.S., Harman, K.T., Williamson, H. 2006. Grass Base the online wordl grass flora. [http: www.kew.org/grasses-db.html](http://www.kew.org/grasses-db.html). Recuperada el 25 de Enero de 2014.
- Castellanos, J.Z., Uvalle B. J.X. y Aguilar S. A. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. Colección INCAPA. 2ª. Edición. 226 pp.
- Clements, F.E., 1916. Plant succession: an analysis of the development of vegetation. Carneg. Inst. Wash. Publ. 512 pp.
- Connell, H. J. and Slatyer O. R. 1977. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. The American Naturalist. Vol. III (982): 1119 – 1144.
- COTECOCA, 1983. Las gramíneas de México. Volumen I. Secretaria de agricultura y recursos hidráulicos subsecretario de desarrollo y fomento agropecuario y forestal. Dirección General de Normatividad Pecuaria.
- COTECOCA, 1987. Las gramíneas de México. Volumen II. Secretaria de agricultura y recursos hidráulicos subsecretario de desarrollo y fomento agropecuario y forestal. Dirección General de Normatividad Pecuaria.
- COTECOCA, 1991. Las gramíneas de México. Volumen III. Secretaria de agricultura y recursos hidráulicos subsecretario de desarrollo y fomento agropecuario y forestal. Dirección General de Normatividad Pecuaria.
- COTECOCA, 1995. Las gramíneas de México. Volumen IV. Secretaria de agricultura y recursos hidráulicos subsecretario de desarrollo y fomento agropecuario y forestal. Dirección General de Normatividad Pecuaria.

- COTECOCA, 1999. Las gramíneas de México. Volumen V. Secretaria de agricultura y recursos hidráulicos subsecretario de desarrollo y fomento agropecuario y forestal. Dirección General de Normatividad Pecuaria.
- Dalmasso, A.D. 2010. Revegetación de áreas degradadas con especies nativas. Bol. Soc. Argent. Bot. 45 (1-2):149-171. ISSN 0373-580X. Recuperado el 23 de Octubre 2013.
- Del Río, M., Montes, F., Cañellas I., Montero, G. 2003. Revisión: Índices de diversidad estructural en masas forestales. Invest. Agrar.: Sist. Recur. For. 12 (1), 159-176. Recuperado el 6 de Febrero de 2013.
- Eshaghi, R. J., Manthey M., Mataji A., 2009. Comparison of plant species diversity with different plant communities in deciduous forest. Int. J. Environ Sci. Tech., 6 (3), ISSN: 1735-1472. Recuperado el 22 de Enero de 2013.
- Fernández, I. E. 2004. Caracterización química de los suelos del Bosque de Fray Jorge. Universidad de La Serena, La Serena, Chile. 15:265-279.
- Fernández, M. T. 2007. Fósforo: amigo o enemigo. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar. Vol. 41 núm. 2. Instituto cubano de investigaciones de los derivados de la caña de Azúcar Cuba.
- Flores, F.C.P., León, P. J.D., Osorio, V. N.W., Restrepo, L. M.F. 2012. Dinámica de nutrientes en plantaciones forestales de *Azadirachta indica* (Meliaceae) establecidas para restauración de tierras degradadas en Colombia. Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSSN-00347744) Vol. 61(2) 515-529.
- Franceschi, A. E., Torres, S.P., Lewis P. J., 2009. Diversidad de la Vegetación Durante su Recuperación tras una Corriente Extraordinaria del Río Paraná Medio (Argentina). Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) Vol. 58 (2): 707-716 Recuperado el 22 de Enero de 2013.
- Franco, L. J., De la Cruz, A. G., Cruz, G. A., Rocha, R. A., Navarrete, S. N., Flores, M. G., Kato, M. E., Sánchez, C. S., Abarca, A. L. G., Bedia, S. C. M. 1989. Manual de Ecología. Trillas. México. 266 p.
- Galantini, J.A y L. Suñer. 2008. Las fracciones orgánicas del suelo: análisis en los suelos de la Argentina. Agriscientia, 2008, vol. XXV (1): 41-55.
- Gayoso, J., Alarcón, D. 1999. Guía de conservación de suelos forestales. Programa de producción forestal y medio ambiente. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia Chile.

- Geissert, D., Ibáñez, A. 2008. Calidad y ambiente físico-químico de los suelos. Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación. Capítulo 15. Instituto de Ecología A.C. (INECOL) e Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). México. 213-221 pág.
- Giliba, A. R., Boom K. E., Kayombo J. C., Musamba B. E., Kashindye M. A., and Shayo F. P. 2011. Species composition, richness and diversity in Miombo woodland of Bereku forest reserve, Tanzania. *J. Biodiversity* 2(1): 1-7.
- Gómez, S. Torres, V. García, Y. Navarro, J.A. 2012. Procedimientos estadísticos más utilizados en el análisis de medidas repetidas en el tiempo en el sector agropecuario. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Tomo 46, Número 1. Recuperado el 27 de diciembre 2013.
- González, P.J.A., González, V.R., De la Rosa, J.M., González, V.F.J. 2011. El fuego y la materia orgánica del suelo. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (CSIC).
- Granados, D. S., López, R. G. F. 2000. Sucesión Ecológica, Dinámica del Ecosistema. Universidad Autónoma Chapingo. México. 197 pp.
- Hernández, J. L. 2007. Métodos para el análisis físico de los suelos. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
- Honorato, P. R. 2000. Manual de edafología. Alfa Omega. 4 edición. México. 267 pp.
- Huerta, C.H.E. 2010. Determinación de propiedades físicas y químicas de suelos con mercurio en la región de San Joaquín, Qro., y su relación con el crecimiento bacteriano. Tesis de licenciatura. Campus Juriquilla, Querétaro, Qro. México.
- Jobbágy, G.E, Jackson, B.R. 2001. The distribution of soil nutrients with depth: Global patterns and the imprint of plants. *Biogeochemistry* 53: 57-77.
- Kardol, P., Bezemer, M.T., Van der Putten, W.H. 2006. Temporal variation in plant-soil feedback controls succession. *Ecology Letters*, 9: 1080-1088.
- Ledo, A., Condés, S., Montes, F., 2012. Revisión de índices de distribución espacial usados en inventarios forestales y su aplicación en bosques tropicales. *Rev.peru.biol.* 19(1):113-124. Facultad de Ciencias Biológicas UNMSM.
- Lindeman, L. R. 1949. The trophic-dynamic aspect of ecology. *Ecology* 23; 399-417.

- Lodoño, A. A., Montoya, G. D.C., León, P. J.D., González, H. M.I. 2007. Ciclaje y pérdida de nutrientes del suelo en bosques altoandinos de Antioquia, Colombia. Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín. Vol. 60, No. 1. p. 3717-3734.
- Lot, A., Chiong, F. 1986. Manual de Herbario, Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. Consejo Nacional de la Flora. A.C. 141 Pp.
- Lu, D., Mausel, P., Brondízio, E., Moran, E. 2002. Classification of successional forest stages in the Brazilian Amazon basin. Forest Ecology and Management. Recuperado el 17 de marzo de 2013.
- Ludwig, A. J. and Reynolds F. J. 1988. Statistical ecology: A primer on methods and computing. John Wiley and Sons. 337 Pp.
- Manna, La. L., Barroetaveña, C. 2011. Propiedades químicas del suelo en bosques de *Nothofagus antarctica* y *Austrocedrus chilensis* afectadas por fuego. Rev. RCA. UNCuyo. ISSN 0370-4661. Tomo 43. N°1. 41-45.
- Manual del laboratorio de física de suelos. 2013. Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México. <http://www.geologia.unam.mx/igl/index.php/parks/laboratorios/laboratorios-de-edafologia/224-laboratorio-de-fisica-de-suelos>
- Margalef, R. 1968. Perspectives in Ecological Theory, University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Margalef, R. 1997 a. Our Biosphere. O. Kinne, editor. Excellence in Ecology Series. Ecology Institute, Oldendorf, Germany.
- Martínez, C. J., Téllez, V. O., Ibarra, M. G. 2013. Estructura de los encinares de la sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 80: 145-156. Recuperado el 8 de Mayo de 2013.
- Martínez de la Cruz, I. ,2005. Estudio Florístico y análisis de vegetación arbórea en una cañada protegida del municipio de Tlatlaya estado de México. Tesis de licenciatura. UACH. 118 p.
- Martínez, H. E., Fuentes, E. J.P., Acevedo, H.E. 2008. Carbono orgánico y propiedades del suelo. R.C. Suelo Nutr. Veg. 8 (1) (68-96).
- Martínez, R. E. 1996. La restauración ecológica. Departamento de biología, facultada de ciencias biológicas. UNAM. Núm. 43.

- Matteucci, D. S. y A. Colma. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Washington, D. C. 168p.
- Mastocedo, B., Fredericksen T. S. 2000. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Santa Cruz, Bolivia. 87 p.
- Meffe, G.K., and Carroll, C.R. 1997. Principles of conservation biology. 2nd edition. Sinauer Associates, Sunderland, Massachussetts. 729 p.
- Meza, P. E. y Geissert K. D. 2003. Estructura, agregación y porosidad en suelos forestales y cultivados de origen volcánico del Cofre de Perote, Veracruz, México. Foresta veracruzana, vol. 5, núm. 2.
- Mingorance, A. Ma. D. 2010. El suelo, regulador fisicoquímico de elementos traza para las plantas. Departamento Geoquímica Ambiental. Estación Experimental del Zaidín. CSIC. Profesor Albareda 1, 18008-Granada, España.
- Miranda, J.D., Padilla, F.M. y Pugnaire, F.I. 2004. Sucesión y restauración en ambientes semiáridos. Ecosistemas 2004/1
<http://www.aeet.org/ecosistemas/041/investigacion4.htm>
- McIntosh, R. P. 1999. The succession of succession, a lexical chronology. Bulletin of the Ecological Society of America. 80: 256-65.
- Molina, E. 2011. Análisis de suelos y su interpretación. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica.
- Monroy, V. O., Zarco, G. M. M., Ramírez, P. J., Aguilera, R. U. 2011. Diversidad de mamíferos de la Reserva Natural Sierra Nanchititla, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 82:237-248. Recuperado el 22 de Enero de 2013.
- Moreno, C. E. 2011. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza 84 pp.
- Moretto, A., Lázzari, A., Fernández, O. 2005. Calidad y cantidad de nutrientes de la hojarasca y su posterior mineralización en bosques primarios y bajo manejo con distintos sistemas de regeneración. Modulo Lengua- Subproyecto 5, PIARFON BAP.
- Mueller, D. D. and H. Ellenberg. 1974. Aims and Methods of Vegetation Ecology. Jhon Wiley y Sons. New York. 547 p.

- Murray, N.R.M., Bojórquez, S. J.L., Hernández, J. A., Orozco, B. M.G., Garcia, P. J.D., Gómez, A. R., Ontiveros, G. H.M. y Aguirre, O. J. 2011. Efecto de la materia orgánica sobre las propiedades físicas del suelo en un sistema agroforestal de la llanura costera norte de Nayarit, México. *Bio Ciencias*. Vol. 1 Núm. 3. Recuperado el 02 de diciembre de 2013.
- Myster, R.W. 2001a. Mechanisms of plant response to gradients and after disturbances. *The Botanical Review*. 64 (4): 441-52.
- Myster, R.W. 2001b. What is Ecosystem Structure? *Caribbean Journal of Science*. 37 (1-2): 132-4.
- Nagendra, H. 2002. Opposite trends in response for the Shannon and Simpson indices of landscape diversity. *Applied Geography* 22, 175-186. Recuperado el 3 de Mayo de 2013.
- Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis.
- Núñez, M.R.M., Bojórquez, S. J.L., Hernández, J. A., Orozco, B.M.G., García, P. J.D. Gómez, A. R., Ontiveros, G.H.M. Aguirre, O. J. 2011. Efecto de la materia orgánica sobre las propiedades físicas del suelo en un sistema agroforestal de la llanura costera norte de Nayarit, México. *Biociencia* vol. 1 núm. 3 año 2. Recuperado el 19 de noviembre de 2013.
- Ortiz, V.B. y Ortiz, S.A.C. 1980. *Edafología*. Universidad Autónoma Chapingo. 3ª. Edición. 331 pp.
- Pajares, M. S., Gallardo, L.J.F., Etchevers, B.J.D. 2010. Indicadores bioquímicos en suelos de un transecto altitudinal en el eje volcánico mexicano. *Agrociencia* 44: 261-274.
- Peña, W., Leirós de la Peña, M. del C., Briceño, J.A. 2005. Propiedades generales y bioquímicas de suelos forestales en áreas serpentinizadas de Galicia. *Agronomía Costarricense* 29(3): 71-78.
- Peterson, P. M., Valdés, R. J., Herrera A. Y. Muhlenbergiinae (Poaceae: Chloridoideae: Cynodonteae): from Northeastern México. 2007. *J. Bot. Res. Inst. Texas* 1(2):933-1000.
- Pinheiro, C. A.A. Dinamismo dos processos erosivos em fontes pontuais de emissão de sedimentos para a baía de Sepetiba. 2004 68f. Dissertação (Mestrado em Ciências

Ambientais e Florestais) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2004.

Pla, L. 2006. Biodiversidad basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Revista de Ciencia y Tecnología de América*. Recuperado el 22 de Enero de 2013.

Powell, David C. 2000. Potential Vegetation, Disturbance, Plant Succession, and Other Aspects of Forest Ecology. United States Department of Agriculture. Umatilla National Forest. Recuperado el 6 de Noviembre de 2013.

Premauer, J. y Vargas O., 2004. Patrones de Diversidad en Vegetación Pastoreada y Quemada en un Páramo Húmedo (Parque Natural Chingaza, Colombia). *Sociedad Venezolana de Ecología, Ecotropicos* 17 (1-2): 52-66. Recuperado el 19 de Enero de 2013.

Ricklefs, E. R. and Miller L. G. 2000. *Ecology*. Fourth Edition. W. H. Freeman and Company. New York. Pp 822.

Robledo, S.E. y Maldonado T.R. 1997. Manual de procedimientos para el análisis de suelos. Universidad Autónoma Chapingo. 124 p.

Rojas, Julieta M. 2012. Densidad aparente: Comparación de métodos de determinación en ensayo de rotaciones en siembra directa. INTA Centro Regional Chaco Fomosa. Estación Experimental Agropecuaria Sáenz Peña. Ruta 95 km 1108. Provincia de Chaco. C.P. 3700. Argentina.

Rojas, C. S., Vibrans, Heike. 2011. Malezas de México. *Hilaria cenchroides*. Recuperado el 11 de Febrero de 2014.

Rubio, G. A. M. 2010. La densidad aparente en suelos forestales del parque natural los alcornocales. Proyecto de fin de carrera. Universidad de Sevilla.

Sánchez-Rodríguez, E. V., López-Mata, L., García-Moya, E. y Cuevas-Guzmán, R. 2003. Estructura, Composición Florística y Diversidad de Especies Leñosas de un Bosque Mesófilo de Montaña en la Sierra de Manantlán, Jalisco. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 73:17-34 (2003). Recuperado el 13 de Diciembre de 2012.

Sawar G., Schmeisky H., Hussain N., Muhammad S., Ibrahim M., and Safdar E. 2008. Improvement of soil physical and chemical properties with compost application in rice-wheat cropping system. *Pak. J. Bot.* 40(1): 275-282.

Sharma, C. M., Suyal, S., Gairola, S., Ghildiyal, S. K. 2009. Species richness and diversity along an altitudinal gradient in moist temperate forest of Garhwal Himalaya. *Journal of American Science*, 5 (5): 119-128. [Recuperado el 13 de Diciembre 2012].

- Smith L. R. y Smith M. T. 2000. Ecología. 4ª Edición. Pearson Educación, S. A., España. Pp. 642.
- Society for Ecological Restoration – SER. Science & Policy Working Group. 2002. The SER Primer on Ecological Restoration. [URL <www.ser.org> accessed on 10 Sep. de 2003].
- Sotomayor, M. D. A., Jimenez, M. P. 2008. Patrón de Sucesión Vegetal: Implicancias para la conservación de las Lomas de Atiquipa del Desierto Costero del Sur del Perú. Zonas Áridas 12 (1).
- Standley, C.P. 1920. Tree and shrubs of México. Contribution from The United States National Herbarium. Washington.
- Swanson E. M., Franklin F. J., Beschta L. R., Crisafulli M. C., DallaSala A. D., Hutto L. R., Lindermayer B. D., and Swanson J. F. 2011. The forgotten stage of forest succession: early- successional ecosystems on forest sites. Ecol. Environ. 9:117-125.
- Terradas J. 2001. Ecología de la vegetación de la ecofisiología de las plantas a la dinámica de comunidades y paisajes. OMEGA. Barcelona. 345-374 p.
- Tucker M. R. 1999. Essential plant nutrients: Their presence in North Carolina soils and role in plant nutrition. NCDA & CS Agronomic Division.
- Valcarcel, R. Silva, Z. Eficiencia conservacionista de medidas de recuperación de áreas degradadas: propuesta metodológica. Floresta, v.21, n.1/2, p.101-114, 2000.
- Valverde, V. T. 2005. Ecología y medio ambiente. Pearson-Educación. México, D.F. 230 p.
- Vázquez, M., A. Terminiello., A. Duhour., M. García & F. Guilino. 2009. Efecto del encalado sobre propiedades físicas de un suelo de la pradera pampeana. Asociación con propiedades químicas. CI. Suelo (Argentina) 27 (1): 67-76.
- Vázquez, C. V.F. 2013. Estructura, composición y diversidad arbórea, en áreas de manejo forestal de Ixtlán de Juárez, Oaxaca. Universidad de la Sierra Juárez. Tesis para obtener el título de ingeniero forestal. Oaxaca.
- Vergara-Sánchez, M.A., Etchevers-Barra, J.D., Padilla-Cuevas, J. 2005. La fertilidad de los suelos de ladera de la sierra Norte de Oaxaca, México. Agrociencia 39: 259-266.

- Villarroel, D., Catari, J.C., Calderon, D., Mendez, R., & Feldpausch T. 2010. Estructura, Composición y diversidad arbórea de dos áreas de Cerrado sensu stricto de la Chiquitanía (Santa Cruz, Bolivia). 45 (2):116-130, Diciembre 2010. ISSN 1605-2528. Recuperado el 19 de Enero de 2013.
- Volke, S.T., Velasco, T. J.A. de la Rosa, P. D.A. 2005. Suelos Contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación, Secretaria de Medio ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Impreso en México. Pp. 19-31.
- Wali M.K. 1999. Ecological succession and the rehabilitation of disturbed terrestrial ecosystems. Plant and soil. 213: 195-220.
- Zacarias-Eslava, L. E., Cornejo-Tenorio, G., Cortés-Flores, J., González-Castañeda, N., Ibarra-Manríquez, G., 2011. Composición, Estructura y Diversidad del Cerro El Águila, Michoacán, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 82:854-809. Recuperado el 22 de Enero de 2013.
- Zambrano, M.J., Peña, R.E.A., Bacca, I. T. 2009. Especies de la familia Vespidae presentes en el agroecosistema de la palma aceitera (*Elaeis guineensis*) en Tumaco, Colombia. Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu. 10 (2), 159-166.
- Zarco-Espinoza, V.M., Valdez-Hernández, J.I., Ángeles-Pérez, G., Castillo-Acosta, O., 2010. Estructura y Diversidad de la Vegetación Arbórea del Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. 26 (1):1-17. Recuperado el 22 de Enero de 2013 [www.ujuat.mx/publicaciones/uciencia].
- ZhengZohonh, J., JiaQiang, L., XinWen, X., ShengYu, L., SiFeng, Z., YongZhi Q., XL. 2008. Evaluation of soil fertility of the shelter-forest land along the Tarim Desert Highway. Chinese Science Bulletin. Vol. 53. Supp. II.
- <http://www.conafor.gob.mx/portal/index.php/acerca-de-conafor/que-es-conafor> [consultada 26 de Abril 2012].
- <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/04/26/64451> [consultada 18 de Mayo 2012].
- <http://www.geologia.unam.mx/igl/index.php/parks/laboratorios/laboratorios-de-edafologia/224-laboratorio-de-fisica-de-suelos>.
- http://cuentame.inegi.gob.mx/monografias/informacion/tlax/territorio/div_municipal.aspx?tema=me&e=29
- <http://www.geologia.unam.mx> [consultada 17 de Enero 2012].

