



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y REGIONAL



**Análisis de la biodiversidad vegetal en cuatro potreros de
Zacazonapan**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**PRESENTA:
CÉSAR ORTIZ TORRES**

**DIRECTORA DE TESIS
DRA. EN C.A. y R.N. JULIETA GERTRUDIS ESTRADA FLORES**

Toluca de Lerdo, Estado de México; Mayo de 2013.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	5
1. INTRODUCCIÓN	6
2. ANTECEDENTES	9
2.1. Vegetación de la selva baja caducifolia	9
2.1.1. La vegetación secundaria	11
2.2. La diversidad biológica (Biodiversidad)	12
2.3. Sistema silvopastoril	15
2.3.1 Tipos de sistemas silvopastoriles	19
2.4. Tipos de pastoreo	22
2.5. Casos de estudio	23
3. ZONA DE ESTUDIO	28
3.1. Localización	28
3.2. Clima	28
3.3. Edafología	29
3.3.1. Edafología de los potreros	33
3.4. Geología	35
3.4.1. Geología de los potreros	36
3.5. Uso de suelo y vegetación	37
3.5.1. Uso de suelo y vegetación de los potreros	38
3.6. Vegetación y flora municipal	39
3.7. Aspectos económicos y sociales del municipio	42
3.7.1. Población económicamente activa	44
3.7.2. Población económicamente inactiva	47
4. MARCO JURÍDICO	49
4.1 La Constitución Política de los Estado Unidos Mexicanos	49
4.2. La Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente	49
4.3. Ley Agraria	51
4.4. La Constitución Política del Estado Libre y Soberano de México	51
4.5. El Código para la Biodiversidad del Estado de México	52
4.6. Ley de Protección al Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Estado de México	53
4.7. El Bando Municipal de Zacazonapan	54
5. JUSTIFICACIÓN	55
5.1. Problemática actual del suelo y manejo del recurso	55
6. HIPÓTESIS	58

7. OBJETIVOS	59
7.1. Objetivo General	59
7.2. Objetivos particulares	59
8. METODOLOGÍA	60
8.1. Selección de potreros	61
8.2. Descripción de la vegetación	62
8.3. Muestreo	63
8.4. Análisis de la información	65
8.4.1. Diseño experimental	65
8.4.2. Índices de Diversidad	66
8.4.2.1. Índice de Simpson	67
8.4.2.2. Índice se Shannon	68
8.4.3. Abundancia relativa	68
8.4.4. Frecuencia	69
9. RESULTADOS	70
9.1. Especies presentes en potreros	70
9.1.1. Resultados del potrero 1	71
9.1.2. Resultados del potrero 2	72
9.1.3. Resultados del potrero 3	72
9.1.4. Resultados del potrero 4	73
9.2. Índices de diversidad	74
9.3. Acacias en potreros	76
9.4. Manejo de los potreros	77
10. DISCUSIÓN	79
11. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS	88
11.1. Conclusiones	88
11.2. Sugerencias	89
ANEXOS	
ANEXO 1. Cuadros de frecuencia y abundancia relativa por periodos	91
ANEXO 2. Glosario de especies presentes en los potreros de estudio	96
LITERATURA CITADA	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Seis formas de arreglar árboles el 25% de una hectárea	20
Figura 2. Climograma	29
Figura 3. Mapa edafológico del municipio de Zacazonapan	35
Figura 4. Mapa geológico del municipio de Zacazonapan	36
Figura 5. Mapa de uso de suelo del municipio de Zacazonapan	39
Figura 6. Mapa de ubicación de potreros	60
Figura 7. Esquema metodológico	61

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Unidades de suelo	29
Cuadro 2. Árboles con fines de reforestación en Zacazonapan	41
Cuadro 3. Producción de leche en Zacazonapan	43
Cuadro 4. Población ocupada y su distribución según situación en el trabajo	45
Cuadro 5. Actividad minera y personas ocupadas en este ramo	46
Cuadro 6. Principales cultivos por superficie sembrada y producción anual obtenida	47
Cuadro 7. Población económicamente inactiva y su distribución según tipo de inactividad	48
Cuadro 8. Usos de la flora de la selva baja caducifolia	56
Cuadro 9. Frecuencia y abundancia relativa de especies por periodo	70
Cuadro 10. Frecuencia y abundancia relativa del potrero 1 por periodos	71
Cuadro 11. Frecuencia y abundancia relativa del potrero 2 por periodos	72
Cuadro 12. Frecuencia y abundancia relativa del potrero 3 por periodos	73
Cuadro 13. Frecuencia y abundancia relativa del potrero 4 por periodos	73
Cuadro 14. Diversidad de especies por periodo y potrero	74
Cuadro 15. Índices de diversidad de Simpson	75
Cuadro 16. Riqueza promediada del total de los cuadros chicos en los cuadros grandes y por periodos	75
Cuadro 17. Acacias por potrero	76
Cuadro 18. Principales cultivos perennes	85

AGRADECIMIENTOS.

A mi Directora de Tesis la Dra. Julieta Gertrudis Estrada Flores, gracias por su apoyo en la elaboración y terminación de la tesis.

A la Dra. Francisca Avilés Nova del CU-Temasaltepec por su apoyo en la identificación de los ejemplares botánicos.

Se agradece a la Bióloga Beatriz Matías González, por su ayuda en la identificación de los ejemplares botánicos.

Se agradece Jair Jesús Sánchez Valdés y Felipe López González por su apoyo en el traslado a las zonas de muestreo.

Se agradece a C. DR., M. en C. Marisol Figueroa Medina, por facilitar el material botánico de su trabajo de investigación para corroborar el nombre científico de algunas plantas aquí citadas.

Se agradece al Herbario del Instituto Politécnico Nacional, por facilitar el material botánico, para corroborar el nombre científico de las especies de plantas aquí citadas.

Se agradece a la M. en C. Irma Guadalupe Salazar Cerda, a la M. en C. Patricia Míreles Lezama y al Dr. Alejandro Alvarado Granados, por sus valiosos comentarios para el mejoramiento del proyecto de investigación.

Agradezco a los productores de leche del municipio de Zacazonapan por permitirme trabajar en sus potreros y por compartirme algunas de sus experiencias

A mis Padres y Hermana, gracias por su apoyo incondicional.

1. INTRODUCCIÓN

El planeta tierra es un lugar en constante evolución el cual se desarrollo a través de miles de millones de años; sin embargo, en épocas recientes ha sufrido y sufre cambios muy drásticos ya sean variaciones en la temperatura, en los ciclos de la temporada de lluvias así como su intensidad entre otras. Esto como consecuencia del mal aprovechamiento que se tiene sobre de los recursos naturales.

El recurrir del hombre al aprovechamiento de algunos elementos de la naturaleza para obtener beneficios en cuanto a alimentación, salud y vivienda, lo ha llevado a transformar el entorno donde lleva acabo el aprovechamiento. Dentro de las principales actividades que repercuten en el cambio de un suelo son la urbanización, la agricultura y la ganadería.

El constante aumento de la población en el mundo, principalmente en los países en vías de desarrollo, ocasiona la presión sobre los ecosistemas para producir alimentos. La mala conversión y mal manejo de selvas y bosques a campos de cultivo o pastizales puede generar pérdidas de biodiversidad, deterioro de suelos y disminución de la capacidad de captación y filtración de agua.

Actualmente a nivel mundial y regional uno de los principales problemas ambientales es la deforestación. En el último decenio aproximadamente 13 millones de hectáreas por año de bosque se han perdido a causa del cambio de uso de suelo y causas naturales, cifra que ha sido reducida en comparación con la década de los 90 que registra pérdidas de 16 millones de hectáreas por año, esta disminución en la pérdida de bosques se debe a la forestación y la expansión natural que tienen en algunos países como: Estados Unidos, Japon, Nepal, Turquía, Usbequitzán, Ecuador, Uruguay, entre otros. (FAO, 2010a).

Según otras cifras reportadas por la FAO (2009), a nivel regional América del Norte aportó alrededor del 2% de la deforestación mundial anual, esto entre 2000 y 2005, aunque también estas cifras tienden a disminuir. Sin embargo, un punto importante a considerar es que de acuerdo al documento, esta aportación porcentual de deforestación está dada

principalmente por México, el cual ha tenido una disminución de sus bosques que van en 1990 de 69,016,000 ha. a 64,238,000 ha. en el 2005. Mientras que los Estados Unidos han tenido un aumento en el mismo periodo que va de 298,648,000 ha a 303,089,000 ha y Canadá se ha mantenido estable con una superficie de 310,134,000 ha.

FAO (2010b), proporciona datos acerca de los cambios que se han dado en el país sobre el uso de suelo y vegetación. En donde la disminución de la superficie de la selva baja caducifolia ha pasado, en la vegetación primaria, de 6,962,038.22 ha. en 1993 a 6,591,462.70 ha. en 2007 y la vegetación secundaria ha pasado de 8,490,634.56 ha. en 1993 a 7,574,615.01 ha. en 2007, teniendo una pérdida neta total de 1,286,595.07 ha. Ya desde tiempo atrás se mencionaba del grave deterioro de este tipo de ecosistema y Janzen (1988) señalaba que la selva baja caducifolia (o bosque tropical seco) era el más amenazado. Además Dinerstein *et al.* (1995) indicaba que estas selvas se encontraban dentro de las ecorregiones consideradas de máxima prioridad regional para la conservación.

En el Estado de México el municipio de Zacazonapan representa el 0.3 % del territorio del estado (INEGI, 2009), con 6,667.45 ha y aunque puede parecer poco, las cifras en cuanto a pérdidas de tierras boscosas y selva que se pueden presentar en el municipio (ya sea vegetación primaria o secundaria), son las que anualmente se suman a las estadísticas mundiales. Los datos proporcionados en la página de INEGI (2005b), indican que el municipio de Zacazonapan solo tiene presencia dentro de su territorio vegetación secundaria de selva baja caducifolia, lo cual puede indicar el alto impacto que ha tenido la actividad humana en la región, desplazando a la vegetación primaria de selva baja caducifolia, debido principalmente al cambio de uso de suelo para la generación de potreros en el sector pecuario y siembra de caña de azúcar y maíz en el sector agrícola.

Es por eso que es necesaria la aplicación de técnicas de aprovechamiento que permitan la conservación de los ecosistemas presentes ya sean remanentes de vegetación primaria o en este caso la vegetación secundaria. Una técnica es el establecimiento de sistemas silvopastoriles que permitan la utilización de los recursos vegetales presentes y minimicen o amortigüen el impacto sobre el ecosistema. Sin embargo, para esto es necesario tener un

registro de las especies vegetales o arbóreas presentes para que de allí se puedan encontrar o seleccionar las especies que puedan ser potencialmente aprovechables por los ganaderos o agricultores de la región.

2. ANTECEDENTES

2.1. Vegetación de la selva baja caducifolia.

Rzedowski (1978), hace referencia sobre selva baja caducifolia como bosque tropical caducifolio, el cual presenta temperaturas medias anuales de 20 a 29°C. El número de meses secos consecutivos varía de 5 a 8, lo cual da idea de lo acentuado de la aridez entre diciembre y mayo, por lo cual existe la tendencia a disminuir la cantidad de alimento forrajero para los bovinos. Además de que muestra una franca preferencia por suelos someros pedregosos y se localiza a menudo sobre laderas de cerros (Rzedowski, 1978), lo que propicia que áreas con estas características tengan un mejor aprovechamiento en las actividades ganaderas extensivas.

Otra característica importante de este tipo de vegetación es la forma convexa que tienen las copas de las especies que en algunas ocasiones llegan a ser mayores o igualar la altura de su tronco, además de la pérdida de sus hojas durante un periodo de 5 a 8 meses, mencionando también que generalmente los troncos de los árboles son cortos, robustos, torcidos y ramificados cerca de la base (Pennington y Sarukhan, 2005). Por lo que en algunas ocasiones son difíciles de distinguir, especialmente si no se tiene la experiencia en la identificación de especies.

Dentro de las especies de árboles altos que se pueden encontrar en este ecosistema destacan: *Amphipterygium glaucum*, *Tabebuia palmeri*, *Bombax palmeri*, *Crateva palmeri*, *Guazuma ulmifolia*, *Plumeria rubra*, *Bombax ellipticum*, *Lonchocarpus lanceolatus*, *Sapranthus foetidus*, *Coccoloba spp*, incluyendo elementos espinosos como: *Pereskia konzattii*, *Ziziphus amole* y diferentes leguminosas (Rzedowski, 1978).

Pennington y Sarukhan (2005), hacen referencia del estrato herbáceo como un componente bastante reducido y que solo se puede apreciar en la temporada de lluvias, en donde las epífitas se reducen principalmente a pequeñas *Bromiliaceas* como *Tillandsia spp*, además de las formas de vida de las suculentas son frecuentes, en particular en los géneros: *Agave*,

Opuntia, *Stenocereus* y *Cephalocereus*. Sin embargo, es importante mencionar que este ecosistema ha sido y está siendo modificado, transformándolo de selva baja caducifolia a pastizal, debido a la introducción de distintas especies de pastos como son: *Cynodon plectostachyus*, *Brachiaria brizantha* y *Paspalum sp.*

La biodiversidad vegetal presentada en este ecosistema, cuenta con especies que pueden tener fines forrajeros, las cuales pueden ser útiles como alimento en época de estiaje, ya que uno de los principales problemas en la alimentación de ganado en este tipo de región es la escasez de alimento en esta temporada. Toledo *et al* (2000), mencionan que en estas selvas se presentan elevados porcentajes de leguminosas, lo cual puede permitir el desarrollo de la ganadería basando su dieta en forrajes verdes (hojas frutos y semillas) y pone como ejemplos, o casos, a especies como: el “ramón” (*Brosimum alicastrum*), el “huachim” (especies de *Leucaena*), el “pich” (*Enterolobium cyclocarpum*) y especies de otros géneros (*Acacia*, *Desmodium*, *Cassia*, *Desmanthus*). El aprovechamiento de estas especies (ya sean árboles o arbustos) denominadas forrajeras como complemento a la alimentación del ganado se clasifica en el sistema denominado como silvopastoril.

En cuanto al nivel de endemismo de la flora presente en este ecosistema, a nivel de especies, la SBC se encuentra después de los bosques de conífera y encino, además de que la depresión del balsas es una de las comarcas geográficas con mayor presencia de estos (Gómez-Pompa y Dirzo, 1995).

Referente a los estudios con relación a la vegetación del trópico seco que se hayan realizado en el municipio son escasos. Sin embargo, Zepeda y Velázquez (1999), citan que Dirzo en 1994, observó que la selva baja caducifolia de los poblados de Bejucos y Luvianos (poblados cercanos al área de estudio), se encontraban ya desde entonces, notablemente perturbados debido a la presión demográfica y solo quedaban algunos manchones de vegetación original.

2.1.1. La vegetación secundaria

El municipio de Zacazonapan se encuentra ubicado en una zona ecológica donde predomina, en las partes bajas, la selva baja caducifolia y en sus zonas montañosas bosques de encino-pino. Aunque los potreros se encuentran en selva baja caducifolia, la vegetación que principalmente predomina en estos es la secundaria, debido a que la vegetación original, ha sido desplazada por los habitantes de la región para crear pastizales y otros cultivos de temporal, quedando remanentes de árboles, algunos arbustos y plantas.

Esta vegetación secundaria proviene de un proceso llamado “*sucesión secundaria*” el cual se define como:

“Es aquella que se desarrolla cuando un área natural se modifica, de tal forma que quedan destruidas muchas especies de la comunidad que lo puebla apareciendo otras nuevas. Esta situación se produce como consecuencia de desastres naturales (fuego, inundación, tornado, etc.) y también a causa de talas y cultivos practicados por el hombre.”(Fuentes, 1998,).

Rzedowski (1978) menciona que la vegetación de la sucesión secundaria varía notablemente dentro del país, presentando diferencias según sea el tipo de disturbio presente en la zona, algunos ejemplos son:

- *Si el disturbio intenso persiste y las plantas leñosas son eliminadas, se establece una vegetación dominada por plantas herbáceas diversas, en su mayoría de la familia Compositae.*
- *En condiciones de fuerte pastoreo esta comunidad puede transformarse en un zacatal pobre con muchas gramíneas anuales.*

Rzedowski y McVaug (1966) en Rzedowski (1978) refieren que en el occidente de México la vegetación secundaria presente es de “*bosquesillos y matorrales abiertos de Acacia*

farnesiana y de *A. pennatula*”. Lo cual es común apreciar en los potreros y espacios abiertos de Zacazonapan, y aunque no presentan una gran altura, si es posible identificar los pequeños arbustos que se encuentran en desarrollo.

Entonces, el desarrollo de nuevas especies vegetales (dada la sucesión secundaria en el área modificada) generará por lo tanto su vegetación secundaria. Y ya que el área modificada de forma antropogénica tendrá un fin productivo, muchas veces a las especies que empiezan a brotar se les denomina como especies deseables o indeseables según su utilidad.

A las especies no deseables también se les conoce como malezas o malas hierbas y Villaseñor y Espinosa (1998) las define como:

“Aquella planta que crece donde no se desea” ó “aquellas plantas silvestres que prosperan en ambientes antropogénicos”.

Por ejemplo, González (1989), considera al huizache y al mezquite como plantas leñosas improductivas, las que desde un enfoque ganadero, según este autor, no son deseables, además de que considera otras plantas como tóxicas o venenosas para el ganado, en las que se encuentra el quelite (*Chenopodium album L.*), el cual es comestible para el hombre.

Sin embargo, Niembro (1990), menciona la utilidad que tienen, por ejemplo, algunas especies de huizache como son: *A. farnesiana*, *A. melanoxilo* y *A. pennatula*, las cuales tienen como característica principal y general su madera, que es utilizada para leña, carbón, postes y construcciones rurales, además de que son utilizadas para el control de la erosión y mejorar la fertilidad del suelo.

2.2. La diversidad biológica (Biodiversidad)

Según el Convenio sobre la Diversidad Biológica (ONU, 1992), define a la diversidad biológica (o también biodiversidad) como: *“la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros*

ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas”. Este concepto se adoptó internacionalmente, donde México al igual que otros países se comprometieron a generar y apoyar programas que ayuden a conservar, proteger y aprovechar la biodiversidad. En el país la institución encargada de realizar y coordinar estas actividades es la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

La importancia de esta variabilidad radica en que cada organismo presente en un ecosistema (marinos y terrestres) adquiera una función específica, permitiendo así que existan: flujos de energía; provean o sirvan de alimentos; fijen, descompongan y transformen nutrientes; etcétera. Esta diversidad de funciones (o funciones tróficas) que posee cada organismo permite que haya un balance en los ecosistemas naturales, lo cual puede describirse gráficamente por medio de una pirámide ecológica, pudiendo ubicarse los organismos según sus funciones en: productores, consumidores primarios, secundarios y terciarios (Odum, 1972). Además, entre más diversificado se encuentre un agroecosistema, mayor será el número de especies que ayuden a controlar a las especies que llamamos plagas (Paulus *et al.*, 2000).

Algunos de los beneficios que brinda el mantenimiento de la biodiversidad sobre los agroecosistemas según la FAO (s/f) son:

- *La evolución y mejora de los cultivos y la ganadería a través de la selección y la cría (la interacción entre el medio, los recursos genéticos y las prácticas de gestión que tienen lugar en los propios agroecosistemas asegura el mantenimiento y la adaptación a condiciones cambiantes de una biodiversidad agrícola dinámica);*
- *El apoyo biológico a la producción (apoyo proporcionado por los organismos que constituyen la diversidad biológica de los agroecosistemas. Por ejemplo, la fauna del suelo y los microorganismos, junto con las raíces de las plantas y de los árboles, aseguran los ciclos de*

nutrientes; depredadores, organismos que controlan enfermedades y la resistencia genética de las plantas contribuyen a contener plagas y enfermedades; e insectos polinizadores contribuyen a la fecundación cruzada de plantas de cultivo); y

- *Más amplias funciones ecológicas (procesos ecológicos valiosos que resultan de las interacciones entre especies y entre estas y el medio, como el mantenimiento de la fertilidad del suelo, la calidad del agua y la regulación del clima).*

Por lo que para poder lograr estos beneficios es necesario el establecimiento de agroecosistemas más complejos y diversos, permitiendo así, atraer a poblaciones de artrópodos benéficos y otros animales y al mismo tiempo generar una interacción benéfica, de tal forma, que el sistema funcionará de manera que se podrá mantener la fertilidad, la productividad y la regulación de las poblaciones de plagas (Gliessman, 2002).

Neyra y Durand (1998), mencionan que: “*la diversidad, por lo tanto, abarca tres niveles de expresión de variabilidad ecológica: ecosistemas, especies y genes*”. Sin embargo, Gliessman (2002), alude que la complejidad de la biodiversidad en los ecosistemas va más allá de la predeterminada por el número de especies, señalando la existencia de siete diferentes dimensiones, las cuales son: *especies, genética, vertical, horizontal, estructural, funcional y temporal*. En donde el presente trabajo solo se enfoca en la dimensionalidad de las especies, definida como: “*numero diferentes especies en el sistema*”.

Los mismos autores mencionan que gran parte de la diversidad de México se debe a: la topografía, la variedad de climas, la historia geológica y biológica así como los factores culturales, de lo cual el municipio de Zacazonapan no es una excepción ya que en este es posible apreciar los cambios altitudinales que presenta el terreno, que van de los 900 msnm hasta los 2400 msnm (INEGI, 2009), permitiendo el desarrollo de otro ecosistema en las partes altas como es el bosque de encino-pino y pino-encino, y aunque gran parte de estos

bosques presentan vegetación secundaria, aún es posible apreciar remanentes de este ecosistema.

2.3. Sistema silvopastoril

En México existe una larga tradición en el uso combinado de árboles, arbustos y vegetales para la producción de alimentos que se remonta a la época prehispánica en las culturas de los Mexicas y los mayas. Las chinampas son un ejemplo de la utilización de especies arbóreas en el establecimiento de los huertos, en las cuales utilizaban los ahuejotes (*Salix bonplandiana*), ya que a través del crecimiento de sus raíces estas se entrelazaban formando redes que permitían fijar el suelo, evitar la erosión y aportar nutrientes (Quiñonez, 2005). Los Mayas de la selva Lacandona utilizaban (y continúan utilizando) el chojum (*Ochroma pyramidale*), árbol nativo que les permite acortar el periodo de descanso en los terrenos agotados por la agricultura, promoviendo la recuperación de los niveles de materia orgánica en el suelo y controlando el crecimiento de las plantas invasoras en las milpas (Levy *et al.*, 2007).

A nivel internacional antiguamente en la comunidad indígena de los Powhatan en Virginia (Estados Unidos de Norteamérica), los nativos establecían sus cultivos dentro de los bosques de castaños y olmos aledaños a los ríos, donde practicaban la agricultura de roza, tumba y quema y después de agotar el rendimiento de los suelos abandonaban las tierras para dejarlas descansar y así con el tiempo la vegetación secundaria restaurará su condición (Mann, 2007).

En los potreros a estudiar en este municipio se pueden encontrar sistemas silvopastoriles; sin embargo, es importante aclarar que estos se han establecido con el paso del tiempo según la forma de manejo que les han dado los ganaderos y no de una forma académica o científica.

Los árboles presentes generalmente son utilizados como linderos, cercas vivas, para dar sombra o simplemente son remanentes de la vegetación original; sin embargo, es poco (o

nulo) el uso de estos con fines forrajeros. Otra característica importante de los potreros en esta región es que presentan arbustos y plántulas de huizaches (*Acacia farnesiana*), que aunque no son árboles aún, se encuentran dispersos y en algunos casos son considerados como especies no deseadas siendo cortados con frecuencia.

Krishnamunthy *et al.*, (2003) definen al sistema silvopastoril como el que “*presenta opciones de producción pecuaria en donde los árboles interactúan con los cultivos tradicionales, que pueden ser herbáceas forrajeras y animales con la misma superficie y bajo un manejo integral*”.

Pezo e Ibrahim (1996) definen al sistema silvopastoril como “*una opción de producción pecuaria que involucra la presencia de las leñosas perennes (árboles o arbustos), e interactúa con los componentes tradicionales (forrajeras herbáceas y animales), todos ellos bajo un sistema de manejo integral*”. Sin embargo, es necesario mencionar que el aprovechamiento de leñosas perenes debe darse a través de las especies nativas y no por medio de especies introducidas, ya que lo que se busca es un sistema que integre las condiciones físicas del lugar y sus especies presentes. Gonzales *et al.* (2007) mencionan que la diversidad vegetativa presente en la Región de Tierra Caliente, Michoacán, es una opción ante el problema de escasez de forraje además de que los árboles forrajeros ayudan en la conservación de los recursos naturales, a controlar la erosión, reducen los daños del clima, aumentan la calidad del forraje y promueven la biodiversidad de la vegetación y los animales.

Los sistemas silvopastoriles derivan de la agroforestería, la cual es definida por el Centro Mundial de Agroforestería (ICRAF, por sus siglas en inglés) como: “*un sistema sustentable de manejo de cultivos y de tierra que procura aumentar los rendimientos en forma continua, combinando la producción de cultivos forestales arbolados (que abarcan frutales y otros cultivos arbóreos) con cultivos de campo o arables y/o animales, de manera simultánea o secuencial sobre la misma unidad de tierra, aplicando –además– prácticas de manejo que son compatibles con las prácticas culturales de la población local*” (ICRAF, s/f). Además, este sistema en la práctica cuenta con variaciones según su establecimiento

como son: la agrosilvicultura, en donde los árboles se combinan con cultivos; los sistemas silvopastoriles, donde los árboles se combinan con la crianza de animales; y los agrosilvopastoriles, los cuales integran una mezcla de árboles, cultivos y animales (Gliessman, 2002).

La agroforestería tiene ventajas tanto socioeconómicas como ecológicas y Jiménez y Muschler (2001) mencionan que para que este sistema pueda alcanzar sus efectos potenciales estos deben tener tres atributos:

1. Productividad. El sistema tendrá la capacidad de producir bienes, mercancías y servicios requeridos por los productores.
2. Sostenibilidad. El sistema será capaz de mantener o aumentar la productividad en el tiempo, a través de la conservación de los recursos agua, suelo y biodiversidad (tanto plantas como animales).
3. Adoptabilidad. El sistema será aceptado por el agricultor o productor dentro de sus posibilidades de mano de obra, recursos económicos, insumos y servicios disponibles y biofísicas impuestas por el medio.

Sin embargo los mismos autores señalan también que:

“los sistemas agroforestales también pueden tener efectos negativos sobre los cultivos y el ambiente. Por ejemplo, pueden causar sombra excesiva, competir con los cultivos por radiación, nutrientes o agua, hospedar plagas y en algunos casos tener efectos alelopáticos”.

Otra de las ventajas que tienen los sistemas silvopastoriles, es que permiten que el suelo mantenga su humedad ya sea por medio de su sombra o que los árboles también pueden extraerla de capas más profundas del suelo a través de sus raíces (Romero *et al.*, 2002). Lo cual es muy importante debido a que los potreros presentan un largo periodo de estiaje, pues se encuentran en el trópico seco.

Otras de las ventajas son mencionadas por Pezo e Ibrahim (1998), quienes mencionan a estos sistemas como un mecanismo para:

- Contrarrestar impactos ambientales propios de los sistemas tradicionales
- Favorecer la restauración ecológica de pasturas degradadas
- Diversificar las empresas pecuarias, generando productos e ingresos adicionales
- Ayudar a reducir la dependencia de insumos externos
- Permitir intensificar el uso de recurso suelo, sin menoscabo del potencial productivo a largo plazo.

Sin embargo, a pesar de los beneficios y potencialidades que pueden presentar estos sistemas, pueden ser tomadas ciertas medidas (según los recursos económicos disponibles) que permitan su intensificación como son; la prevención en la salud animal, ya sean a través de campañas de vacunación o prácticas que reduzcan las poblaciones de patógenos y vectores y el contacto entre ellos y el ganado; la suplementación alimenticia, ya sea con restos de cultivos o residuos agroindustriales; y la mejoría genética, que ayudaría a aumentar la productividad por animal al seleccionar animales rendidores, resistentes y bien adaptados a las condiciones locales (Pinto *et al.*, 2007).

En general, se puede decir que el propósito de los sistemas silvopastoriles es ayudar a que el impacto de la producción ganadera sobre los recursos naturales sea menor, favoreciendo o tratando de mantener la conservación de la biodiversidad y así poder sostener una producción forrajera estable durante un mayor tiempo.

2.3.1. Tipos de sistemas silvopastoriles

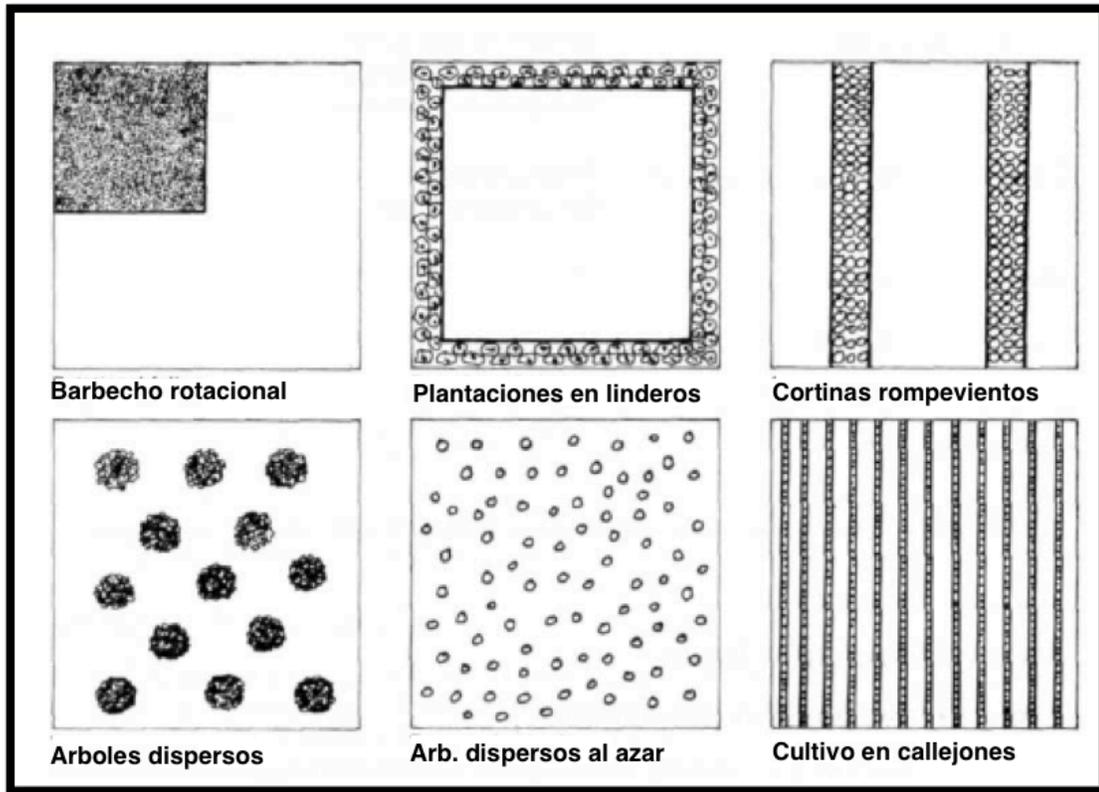
La caracterización o clasificación de los sistemas silvopastoriles se puede dar de la siguiente manera, por ejemplo, Pezo e Ibrahim (1998), consideran siete modalidades: i) *cercas vivas*, ii) *bancos forrajeros de leñosas perenes*, iii) *leñosas perenes en callejones* (“*Alley farming*”), iv) *árboles y arbustos dispersos en potreros*, v) *pastoreo en plantaciones de árboles maderables o frutales*, vi) *leñosas perenes sembradas como barreras vivas* y vi) *cortinas rompevientos*. Mientras, en igual número de modalidades, Pinto *et al* (2007) consideran las siguientes: i) *asociaciones de árboles en potreros o potreros con árboles*, ii) *pastura en callejones*, iii) *bancos forrajeros o de proteína*, iv) *plantaciones de árboles maderables o frutales en pasturas*, v) *cortinas rompevientos* vi) *barreras vivas* y vii) *pastoreo bajo bosques naturales*.

Sin embargo, CATIE (2004), refiere a ocho sistemas: i) *pastoreo bajo plantaciones de árboles maderables o frutales*, ii) *pastoreo bajo bosques naturales o secundarios*, iii) *pasturas en callejones*, iv) *especies arbóreas dispersas en potreros*, v) *bancos forrajeros*, vi) *cortinas rompevientos*, vii) *cercos vivos* y viii) *árboles maderables en linderos*.

A pesar de las diversas clasificaciones de los distintos autores, se puede concluir que solo cambian la forma en que son llamadas y, aunque alguna pueda pasar desapercibida por un autor, la característica importante que todas tienen en común es el arreglo espacial de los árboles sobre los potreros, o sistema agroforestal según sea el caso.

Gliessman (2002) menciona que el acomodo de los árboles o el arreglo espacial dependerán de las necesidades del agricultor, la naturaleza del agroecosistema y de las condiciones ambientales y económicas locales. Y algunos de los principales arreglos son los generados por Young (1987), mostrados en la figura 1: *barbecho rotacional*, *plantaciones en linderos*, *cortinas rompevientos*, *árboles en campo dispersos de manera uniforme y al azar* y *cultivo en callejones*.

Figura 1. Seis formas de arreglar con árboles el 25 % de una hectárea



Fuente: Young (1978).

A continuación se describirán algunos de los sistemas silvopastoriles más característicos según Pezo e Ibrahim (1998):

- Cercas vivas

Este sistema constituye una opción para la delimitación de potreros o propiedades. La relevancia ecológica que tiene este sistema es que: reduce la presión sobre el bosque para la obtención de postes y leña; promueve la introducción de árboles en las fincas; y, pueden funcionar como cortinas rompevientos.

- Bancos forrajeros

Son áreas en donde se cultivan en bloque compacto y a alta densidad leñosas perenes o las herbáceas forrajeras, con el propósito de maximizar la producción de fitomasa de buena calidad nutritiva.

- Pasturas en callejones (*Alley farming*)
Kang (1993), mencionado por Pezo e Ibrahim (1998), dice que al sistema en donde se establecen bandas o hileras de leñosas perenes de rápido crecimiento, con cultivos anuales sembrados en el espacio intermedio se le conoce como “Alley cropping”. Sin embargo, Atta-Krah (1993) referido en el mismo documento, menciona que al incorporar animales en el uso de los sistemas de cultivo en callejones este sistema da cabida a la opción de silvopastoril y el término con el cual es conocido este sistema es “Alley farming”.
- Árboles y arbustos dispersos en potreros
Es un sistema en donde las leñosas perennes pueden estar dispersas en el potrero de forma natural debido a: que la vegetación clímax de un sitio se constituye por la combinación de árboles y arbustos con pasturas; o también como resultado de procesos de sucesión vegetal que tiende a una vegetación clímax de un bosque. Además de que también puede ser resultado de la intervención del hombre.
- Pastoreo en plantaciones maderables o frutales
Se refiere al pastoreo en áreas con plantaciones de árboles frutales o maderables, donde la ganadería puede ser complemento de la actividad forestal o la actividad forestal es complemento de la ganadería.
- Barreras vivas
Es un sistema donde la forma de cultivo en callejones (“alley farming”) con leñosas perenes, se da en terrenos con pendientes pronunciadas; sin embargo, Pound y Martínez-Cairo (1985), en Pezo e Ibrahim (1998), mencionan que el principal objetivo de este es la protección contra la erosión, la reducción de la velocidad de bajada del agua y atrapar partículas del suelo que se pudieran estar erosionando. Aun así, para que sean considerados sistemas silvopastiriles, será necesaria la inclusión de animales y se tendrán que aplicar técnicas de corte y acarreo de pasturas para evitar daños de los animales sobre las obras de conservación de suelos (Pezo e Ibrahim, 1996).

- Cortinas rompevientos

Sistema considerado como tradicional donde los árboles son utilizados como barreras cortaviento rodeando áreas de pastoreo o corte. Además de beneficiar el bienestar de los animales por su protección contra el viento, el frío y la lluvia (Pezo e Ibrahim, 1996).

2.4. Tipos de pastoreo

Heady (1961), citado por Dorantes (2005), menciona que los principales sistemas de pastoreo son: el pastoreo continuo, el estacional repetido, el diferido y el rotacional. Los cuales a continuación se describirán brevemente según las características mencionadas por Dorantes (2005).

Pastoreo continuo.

- *También se denomina pastoreo de un solo potrero o pastoreo durante todo el año.*
- *Se considera que la utilización de este sistema resulta en cambios sucesionales indeseables debido principalmente a la presión de pastoreo sobre áreas claves y especies clave.*
- *No sirve para mejorar un pastizal que se encuentra en condición de pobre o regular, ya que en este sistema el ganado siempre consumirá primero las especies clave.*

Pastoreo rotacional repetido.

- *Se refiere a los mismos grupos de animales sobre los mismos pastos en cada época.*

Pastoreo diferido

- *Es referente a retardar el pastoreo hasta la formación de semilla.*

Pastoreo rotacional

- *Consiste en alternar el pastoreo e implica la subdivisión del pastizal en dos o más unidades que serán pastoreadas en sucesión regular. También implica una sobrecarga animal periódica seguida de un descanso para cada unidad de pastoreo.*

2.5. Casos de estudio

Los sistemas silvopastoriles además de ayudar en la alimentación y complementación de nutrientes para la ganadería por medio de distintas especies forrajeras también pueden ayudar en la conservación o mantenimiento de las áreas naturales.

Un estudio realizado en el municipio de La Huacana, Michoacán perteneciente a la zona de la Cuenca del Balsas demostró que las especies arbóreas y arbustivas que existen en la SBC tienen un potencial como fuente de alimento y suplementación proteica para la ganadería en la época de sequía, pues 33 especies de las 40 analizadas presentaron valores superiores al 8%, el cual es un requisito para ser considerada como especie forrajera (Ávila-Ramírez *et al.*, 2007). Otro estudio realizado por Carranza-Motaño *et al.* (2003) en la Sierra de Manantlán con igual tipo de ecosistema, menciona que existen especies como son la *Verbesina greenmanii*, *Leucaena esculenta*, *Brosimum alicastrum* y *Enterolobium cyclocarpum*, que son ricas en proteínas y otras con un amplio potencial forrajero, además de que las especies nativas de esta región tienen un alto potencial como fuentes alternativas de alimentación para la ganadería y, al mismo tiempo, pueden brindar importantes servicios ambientales. Esto manifiesta que un buen manejo de las especies presentes en este ecosistema, puede ayudar tanto al mantenimiento de la vegetación como en la alimentación alternativa de la producción ganadera.

La conservación y diversidad de especies herbáceas, arbustivas y arbóreas también pueden beneficiar en la producción de leche en el trópico seco aumentando sus niveles de producción, con lo cual es posible que el ganadero muestre un mayor interés en la

implantación o adopción de técnicas agroforestales y así incrementar o mantener la biodiversidad del paisaje.

En el estado de Colima, donde gran parte de la superficie se encuentra cubierta por selvas medianas y bajas caducifolias, se utilizaron bancos de proteína cultivando la especie *Leucaena leucocephala*, con la cual se obtuvieron incrementos en la producción de leche de 1.3 a 2.0 litros por animal, además de tener un efecto positivo en el peso vivo de los animales comparados con aquellos que recibieron alimentación tradicional (Palma, 2005). Otro estudio que registra un aumento en la producción de leche es el realizado en San Carlos (Costa Rica), por Souza de Abreu *et al.* (1999), el cual consistió en evaluar la producción de leche y su relación con los árboles de sombra dispersos en 15 fincas evaluadas, donde se registró que el rendimiento de la producción de leche fue mayor en 8.9% en potreros con árboles comparada con los que no tenían. Los beneficios que generan este tipo de técnicas en cuanto a un rendimiento productivo de leche son buenos, ya que permite la diversificación en la alimentación de los animales además de tener beneficios en su salud. Un bien directo que recibe el ganado al estar en contacto con los árboles es la disminución del estrés calórico, pues la sombra que recibe de los árboles ayuda a protegerlo del sol y la radiación creada a través de la humedad evaporada de las hojas frescas (Jiménez, 2009). Sin embargo, otro aspecto positivo que podría generar el interés en los productores es el ahorro en su economía, ya que disminuiría la utilización y compra de alimentos comerciales tradicionales al mismo tiempo que podrían aumentar su producción y por lo tanto sus ganancias.

Un potrero con sistema de árboles dispersos encontrado en la región de la sierra de Tabasco, puede representar una alternativa en cuanto al mantenimiento de los recursos naturales presentes en la zona, pues la presencia de un mayor número de diferentes especies de árboles va asociada con el aumento en los niveles de biodiversidad de plantas y fauna relacionada con estos, además de que no afecta el sistema de producción de bovinos en la región ni la producción de forrajes, pues los ganaderos al manejar su espaciamiento, distribución, altura, forma y tamaño de las copas evitan afectarla (Grande *et al.*, 2009). Esta diversidad de árboles y herbáceas ayuda a que los potreros puedan representar un hábitat

(ya sea temporal o de paso) y proporcionen alimentos a las distintas especies presentes en el área (Harvey *et al.*, s/f). Las aves pueden ser un ejemplo de esto, pues al visitar los árboles remanentes, ayudan a la dispersión de sus semillas (o ya sean de otras especies herbáceas), por medio de sus excretas, regurgitación u otros medios de dispersión, además de representar un área de descanso en su tránsito de una zona a otra (Guevara y Lavorde, 1993). Otros estudios también indican que de 180 especies de árboles dispersos reportadas en un agropaisaje de Nicaragua 41 especies han sido dispersas por aves, 18 por murciélagos, 16 por mamíferos, 10 por pequeños mamíferos, 3 por ganado y 92 por mecanismo de autodispersión (Janzen 1991, citado por Sánchez Merlos *et al.*, 2005).

Para la conservación de los ecosistemas, la utilización de árboles remanentes o especies nativas introducidas puede permitir que los potreros se conviertan y sean tomados en cuenta como una buena opción ante la integración de estrategias en el establecimiento de corredores biológicos para las áreas naturales protegidas, parques naturales, etc. Además de considerar también los pequeños parches remanentes de bosques y franjas angostas de bosques ribereños que van quedando en los agropaisajes (Sánchez Merlos *et al.*, 2005). Guevara *et al.* (2005) mencionan que la importancia de estos árboles no se halla en cuanto superficie abarcan, sino en su papel como elementos conectores para reducir distancia-esfuerzo requerida por los animales para cruzar las zonas abiertas al moverse entre fragmentos.

La utilización de especies nativas de la selva en la alimentación del ganado puede brindar ciertos beneficios. Sin embargo, es importante recalcar que a pesar de esto, la conversión de los ecosistemas naturales a pastizales para su uso en la ganadería extensiva provoca una gran disminución en el tamaño poblacional de numerosas especies nativas de la selva, empobreciendo la biodiversidad, y aunque no se disminuye drásticamente la riqueza de plantas, la modificación estructural y herbácea si es radicalmente modificada (Lira *et al.*, 2007).

Guevara *et al.* (1994), analizaron la composición florística en potreros de los Tuxtlas (Veracruz), mencionando que “*en las zonas cálido-húmedas de México se han publicado*

pocos estudios acerca de la flora y vegetación de potreros”, en los cuales predomina la vegetación secundaria, además, cita que en países como “Australia (Shaw y Bryan, 1976; Whiteman, 1980), India (Singh y Yadava, 1974; Nair y Mishra, 1977; Singh y Krishnamurty, 1981) y África (McIlroy, 1972)”, existe una mayor información que trata el tema de la flora y vegetación en los potreros.

En estudios más recientes, Lira *et al.* (2007) mencionan a varios autores con estudios referentes a la flora presente en los potreros de los Tuxtlas, por lo que se puede apreciar el aunado interés sobre la flora y vegetación en estos. Y aunque los estudios de Guevara *et al.* (1994) y Lira *et al.* (2007) son realizados en el trópico húmedo, ambos hablan de los escasos estudios que refieran la flora y vegetación en los potreros a nivel nacional, de allí la importancia de la elaboración de estudios enfocados con esta temática, los cuales no solo servirán para proporcionar un listado de especies existentes en la región, sino que también servirán para poder aprovechar eficazmente las especies nativas de la región, además de que sería más fácil relacionar e identificar especies que contengan mayor valor nutritivo para el ganado, con otros estudios que traten estos temas.

En cuanto a la relación que puede existir entre los árboles aislados y la estructura herbácea en los potreros, Guevara *et al.* (1992) realizaron un análisis de la composición florística en los Tuxtlas, Veracruz, en donde se midieron los niveles de riqueza de especies en tres diferentes zonas: debajo de la copa de los árboles, cercana al perímetro de la copa y alejadas del perímetro de la copa en pastizal abierto. Los resultados obtenidos indicaron que la riqueza presente por cuadrante fue significativamente alta debajo de la copa de los árboles (17.8 ± 4.3) en comparación con la obtenida en las zonas cercanas al perímetro de la copa (11.2 ± 3.4) y de las alejadas del perímetro de la copa (10.6 ± 3.6). Esta riqueza presente bajo las copas de los árboles, adquieren mayor importancia cuando las especies presentes son nativas de la selva. Estudios realizados en la misma zona por Guevara *et al.* (2004), muestran que al eliminar el ganado y las prácticas de manejo de la vegetación presente después de tres años, en cinco árboles aislados y cercados, se generó un denso sotobosque de 4 a 5 m de altura, en donde la vegetación bajo la copa estuvo dominada tanto en número de especies (55%) como en abundancia (37%) por plantas nativas de la selva.

En Tolima, Colombia se realizó la identificación y el reconocimiento de los principales usos de las arvenses presentes en las pasturas de las fincas ganaderas ubicadas en un bosque seco tropical, obteniendo una riqueza de 113 especies que pertenecieron a 30 familias y 82 géneros; las familias que predominaron fueron las Fabaceae que representaron el 20.5% del total y las Asteraceae con 17.1%. Concluyendo que en las fincas que tienen un mejor manejo de sus pasturas la diversidad de las arvenses es mayor y los niveles de enmalezamiento son menores, con lo cual se ayuda también a que los animales tengan una dieta más diversificada (Canizales *et al.* 2010).

Los estudios anteriores han hablado de la riqueza de especies presente en agropaisajes ganaderos con la relación del elemento árbol, mostrando que la riqueza de estas es mayor mientras más cerca estén de los árboles y mejor sea el manejo de los pastizales pues se generan mejores condiciones para el desarrollo de la vegetación silvestre. Sin embargo, existen otros elementos que pueden influir en estos niveles como: el clima, los niveles de precipitación, el suelo, el manejo de los propietarios sobre los potreros y la carga animal. En una investigación realizada en pastizales del noreste de Jalisco, se llevó a cabo el estudio de la relación de los elementos climáticos (la precipitación) con la variabilidad de la composición florística, registrando que la precipitación influye en la variabilidad de los patrones de composición florística, pues las especies anuales registraron su mayor abundancia en años lluviosos (Aguado *et al.*, 1996). Silva y Mauro (2001), mencionan que tanto factores bióticos como abióticos afectaron la composición florística en una sabana hiperestacional, pues la inundación excesiva y poco frecuente además de una mayor intensidad en los cortes de pastizal, disminuyeron la diversidad y riqueza de especies de plantas en esta zona.

3. ZONA DE ESTUDIO

3.1. Localización

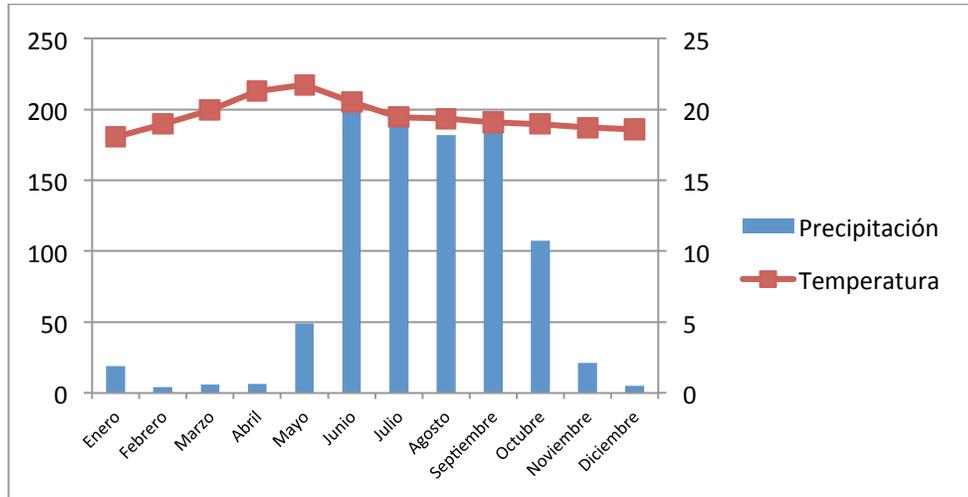
El Estado de México se encuentra dividido en 16 regiones administrativas, en donde Zacazonapan se encuentra ubicado en la región XV denominada Valle de Bravo, la cual a su vez está conformada por los municipios de: Amanalco, Donato de Guerra, Ixtapan del Oro, Otzoloapan, Santo Tomás, Valle de Bravo, Villa de Allende y Villa Victoria (Gobierno del Estado de México, 2010). Localizándose a su vez entre los paralelos 19° 00' y 19° 07' de latitud norte y los meridianos 100° 12' y 100° 18' de longitud oeste (INEGI, 2009). Entre los municipios que le son colindantes a Zacazonapan se encuentran: en el norte Otzoloapan y Valle de Bravo; al este Valle de Bravo y Temascaltepec; al sur Temascaltepec, Tejupilco y Luvianos y al oeste Luvianos y Otzoloapan (Gobierno del Estado de México, 2010).

El INEGI (2009), indica que la totalidad del territorio del municipio se encuentra ubicada dentro de la provincia fisiográfica de la sierra madre del sur y subprovincia de la depresión del Balsas, además de presentar altitudes que van desde los 900 y 2,400 msnm y cuenta con una superficie de 6,667.45 ha que representan el 0.3% del territorio del estado.

3.2. Clima

El clima de la zona de estudio se clasifica como Awo (w) (i')g semicálido, subhúmedo con lluvias en verano, poca oscilación y marcha tipo ganges (García, 1988). De acuerdo a las estaciones meteorológicas más cercanas a los potreros (y que se muestran en la figura 2), las cuales fueron: San Pedro Tenayac (Temascaltepec), San Juan (Zacazonapan), Acatitlan (Tejupilco) y El Mamey (Tejupilco); se elaboró el siguiente climograma con datos del CLICOM que van de 1961 al 2008, registrando una temperatura mínima promedio de 18 °C y una máxima promedio de 22 °C.

Figura 2. Climograma



Fuente: Elaboración propia en base a los datos del CLICOM, CD-ROM.

En esta gráfica se puede apreciar la marcada estación de sequía como de lluvias y muestra valores promedio en la presipitación que van de 4.3 mm hasta los 202.5 mm, siendo de junio a septiembre los meses más lluviosos y de febrero a abril los más secos.

3.3. Edafología

Las unidades de suelo para el municipio de estudio según la carta temática de edafología (CETENAL, 1979), son las siguientes:

Cuadro 1. Unidades de suelo.

Unidad de suelo	Clase textural /	Descripción
Ao	2	Acrisol órtico / Media
Bd + 1 + To	2	Cambisol districo + Litosol + Andosol órico / Media
Bd	2	Cambisol districo / Media
Be + Re + 1	2	Cambisol eútrico + Regosol eútrico + Litosol / Media
Be + Re	2	Cambisol eútrico + Regosol eútrico / Media
Lc + 1	3	Luvisol crómico + Litosol / Fina
Th + Bd + 1	2	Andosol húmico + Cambisol districo + Litosol / Media
Th + To	2	Andosol húmico + Andosol órico / Media
Vc	3	Vertisol crómico / Fina
Vp + Be	3	Vertisol pelico + Cambisol eútrico / Fina
Vp + 1	3	Vertisol pelico + Litosol / Fina
Vp	3	Vertisol pelico / Fina

continua

1 + Bd	2	Litosol + Cambisol districo / Media
1 + Hh	2	Litosol + Feozem haplico / Media
1 + Re + Lc	2	Litosol + Regosol eútrico + Luvisol crómico / Media
1 + Vp	3	Litosol + Vertisol pelico / Fina

Fuente: Elaboración propia con base en la información de la carta edafológica CETENAL, 1979.

Por lo tanto, la descripción de las unidades y subunidades de suelo según INEGI (2004), mencionadas con anterioridad es la siguiente:

Unidades de suelo

Acrisol. Del latín acris: agrio, ácido; y solum: suelo. Literalmente, suelo ácido. Son suelos que se encuentran en zonas tropicales o templadas muy lluviosas como las sierras orientales de Oaxaca, llanura costera veracruzana, sierra lacandona y Altos de Chiapas.

En condiciones naturales tienen vegetación de selva o bosque. Se caracterizan por tener acumulado de arcilla en el subsuelo, por sus colores rojos, amarillos o amarillos claros con manchas rojas, muy ácidos y pobres en nutrientes.

En México se usan en la agricultura con rendimientos muy bajos, salvo los frutales tropicales como cacao, café o piña, en cuyo caso se obtienen rendimientos de medios a altos; también se usan en la ganadería con pastos inducidos o cultivados; sin embargo, el uso más adecuado para la conservación de estos suelos es el forestal. Son moderadamente susceptibles a la erosión.

Andosol. De las palabras japonesas *an*: oscuro; y *do*: tierra. Literalmente, tierra negra. Suelos de origen volcánico, constituidos principalmente de ceniza, la cual contiene alto contenido de alófono, que le confiere ligereza y untuosidad al suelo. Son generalmente de colores oscuros y tienen alta capacidad de retención de humedad. En condiciones naturales presentan vegetación de bosque o selva. Tienen generalmente bajos rendimientos agrícolas debido a que retienen considerablemente el fósforo y éste no puede ser absorbido por las

plantas. Tienen también uso pecuario especialmente ovino; el uso más favorable para su conservación es el forestal. Son muy susceptibles a la erosión eólica.

Cambisol. Del latín *cambiare*: cambiar. Literalmente, suelo que cambia. Estos suelos son jóvenes, poco desarrollados y se pueden encontrar en cualquier tipo de vegetación o clima excepto en los de zonas áridas. Se caracterizan por presentar en el subsuelo una capa con terrones que presentan vestigios del tipo de roca subyacente y que además puede tener pequeñas acumulaciones de arcilla, carbonato de calcio, fierro o manganeso. Se destinan a muchos usos y sus rendimientos son variables pues dependen del clima donde se encuentre el suelo. Son de moderada a alta susceptibilidad a la erosión.

Feozem. Del griego *phaeo*: pardo; y del ruso *zemljá*: tierra. Literalmente, tierra parda. Suelos que se pueden presentar en cualquier tipo de relieve y clima, excepto en regiones tropicales lluviosas o zonas muy desérticas. Es el cuarto tipo de suelo más abundante en el país. Se caracteriza por tener una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes. Los Feozems son de profundidad muy variable. Cuando son profundos se encuentran generalmente en terrenos planos y se utilizan para la agricultura de riego o temporal, de granos, legumbres u hortalizas, con rendimientos altos. Los Feozems menos profundos, situados en laderas o pendientes, presentan como principal limitante la roca o alguna cementación muy fuerte en el suelo, tienen rendimientos más bajos y se erosionan con más facilidad, sin embargo, pueden utilizarse para el pastoreo o la ganadería con resultados aceptables.

Litosol. Del griego *lithos*: piedra. Literalmente, suelo de piedra. Son los suelos más abundantes del país, ocupan 22 de cada 100 hectáreas de suelo. Se encuentran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación, en todas las sierras de México, barrancas, lamerías y en algunos terrenos planos. Se caracterizan por su profundidad menor de 10 centímetros, limitada por la presencia de roca, tepetate o caliche endurecido. Su fertilidad natural y la susceptibilidad a la erosión es muy variable dependiendo de otros factores ambientales. En bosques y selvas su uso es forestal; cuando hay matorrales o pastizales se puede llevar a cabo un pastoreo más o menos limitado y en algunos casos se destinan a la

agricultura, en especial al cultivo de maíz o el nopal, condicionado a la presencia de suficiente agua.

Luvisol. Del latín *luvi, luo*: lavar. Literalmente, suelo con acumulación de arcilla. Son suelos que se encuentran en zonas templadas o tropicales lluviosas, en algunas ocasiones también pueden encontrarse en climas más secos. La vegetación es generalmente de bosque o selva y se caracterizan por tener un enriquecimiento de arcilla en el subsuelo. Son frecuentemente rojos o amarillentos, aunque también presentan tonos pardos, que no llegan a ser oscuros. Se destinan principalmente a la agricultura con rendimientos moderados. Con pastizales cultivados o inducidos pueden dar buenas utilidades en la ganadería. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que son suelos con alta susceptibilidad a la erosión. En México 4 de cada 100 hectáreas está ocupada por Luvisoles.

Vertisol. Del latín *vertere*, voltear. Literalmente, suelo que se revuelve o que se voltea. Suelos de climas templados y cálidos, especialmente de zonas con una marcada estación seca y otra lluviosa. La vegetación natural va de selvas bajas a pastizales y matorrales. Se caracterizan por su estructura masiva y su alto contenido de arcilla, la cual es expandible en húmedo formando superficies de deslizamiento llamadas facetas, y que por ser colapsables en seco pueden formar grietas en la superficie o a determinada profundidad. Su color más común es el negro o gris oscuro en la zona centro a oriente de México y de color café rojizo hacia el norte del país. Su uso agrícola es muy extenso, variado y productivo. Son muy fértiles pero su dureza dificulta la labranza. Tienen baja susceptibilidad a la erosión y alto riesgo de salinización.

Regosol. Del griego *reghos*: manto, cobija o capa de material suelto que cubre a la roca. Suelos ubicados en muy diversos tipos de clima, vegetación y relieve. Tienen poco desarrollo y por ello no presentan capas muy diferenciadas entre sí. En general son claros o pobres en materia orgánica. En México constituyen el segundo tipo de suelo más importante por su extensión (19.2%). Frecuentemente son someros, su fertilidad es variable y su productividad está condicionada a la profundidad y pedregosidad. Para uso forestal y pecuario tienen rendimientos variables.

Subunidades de suelo.

Crómico. Del griego *kromos*: color. Suelos de color pardo o rojizo, en algunas ocasiones amarillento. Son de fertilidad moderada y con alta capacidad para proporcionar nutrientes a las plantas.

Districo Del griego *dys*: malo, enfermo. Suelos ácidos, ricos en nitrógeno, pero pobres en otros nutrientes importantes para las plantas como el calcio, magnesio y potasio.

Eútrico. Del griego *eu*: bueno. Suelos ligeramente ácidos a alcalinos y más fértiles que los suelos dístricos).

Háplico. Del griego *haplos*: simple. Suelos que no presentan características de otras subunidades existentes en ciertos tipos de suelo.

Húmico. Del latín *humus*: tierra. Suelos con una capa superficial oscura y rica en materia orgánica, pero ácida y pobre en algunos nutrientes importantes para las plantas.

Ócrico. Del latín *oais*: claro. Indica una capa de color claro y pobre en materia orgánica.

Órtico. Del griego *orthos*: recto, derecho. Suelos que no presentan características de otras subunidades existentes en ciertos tipos de suelo.

Pélico. Del griego *pellos*: grisáceo. Indican un color negro o gris oscuro.

3.3.1. Edafología de los potreros

Las unidades de suelo predominantes según la carta edafológica de CETENAL (1979) para los cuatro potreros en estudio son las siguientes:

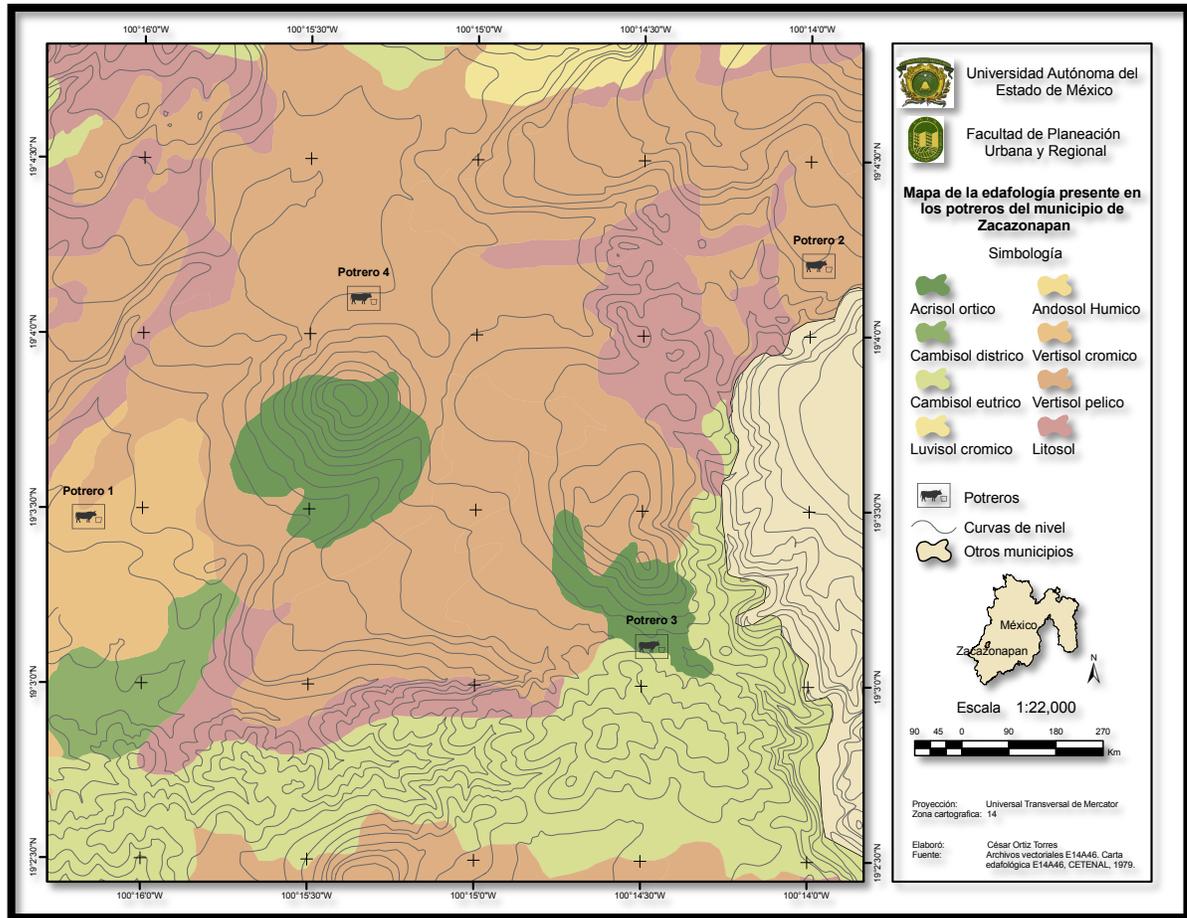
Potrero 1, localizado en las coordenadas 19°03'28.38'' de Latitud Norte y 100°16'09.55'' de Longitud Oeste, cuenta con un suelo de tipo Vertisol crómico, con una clase textural fina (Con más del 35% de arcilla, tienen mal drenaje, escasa porosidad, son por lo general duros al secarse, se inundan fácilmente y son menos favorables al laboreo) y una fase física gravosa, queriendo decir que hay presencia de gravas menores a 7.5 cm. de diámetro en la superficie del terreno o dentro de los 30 cm. de profundidad.

Potrero 2, localizado en las coordenadas 19°03'28.38'' Latitud Norte y 100°16'09.55'' Longitud Oeste, con la unidad de suelo Vertisol pélico bajo una clase textural fina (Con más del 35% de arcilla, tienen mal drenaje, escasa porosidad, son por lo general duros al secarse, se inundan fácilmente y son menos favorables al laboreo) y una fase física lítica profunda, esta última consiste en una capa de roca dura y continua o un conjunto de trozos de roca muy abundante que impiden la penetración de raíces.

Potrero 3, situado en las coordenadas 19°03'6.82'' Latitud Norte y 100°14'27.99'' Longitud Oeste, cuenta con la unidad de suelo de tipo Acrisol órtico de clase textural media (Equilibrados generalmente en el contenido de arena, arcilla y limo) y fase física gravosa, es decir, existe presencia de gravas menores a 7.5 cm. de diámetro en la superficie del terreno o dentro de los 30 cm. de profundidad.

Potrero 4, ubicado en las coordenadas 19°04'06.13'' Latitud Norte y 100°15'20.30'' Longitud Oeste, tiene como unidad de suelo al Vertisol pélico, con una clase textural fina (Con más del 35% de arcilla, tienen mal drenaje, escasa porosidad, son por lo general duros al secarse, se inundan fácilmente y son menos favorables al laboreo).

Figura 3. Mapa edafológico del municipio de Zacazonapan



Fuente: Elaboración propia con base en datos de la carta edafologica (CETENAL, 1979).

3.4. Geología

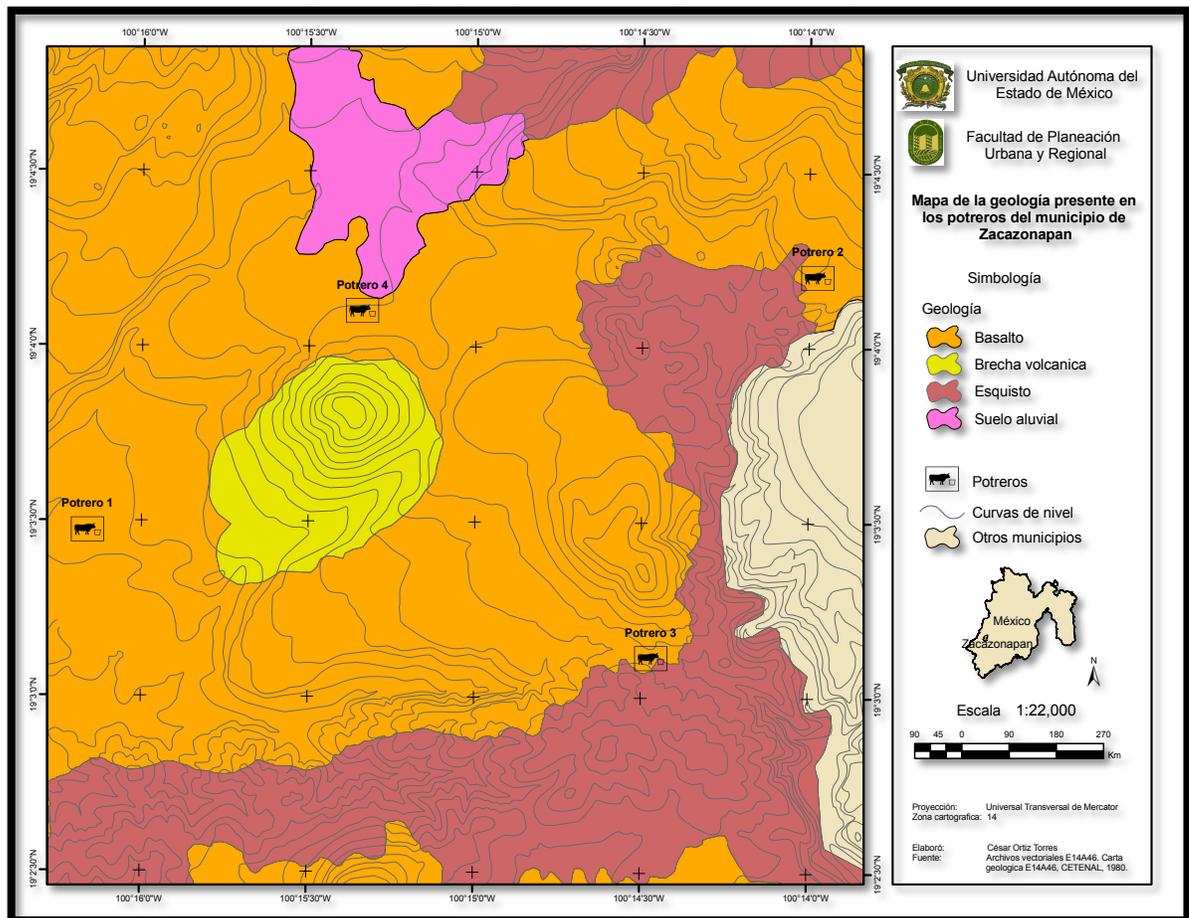
Dentro de las características geológicas para el municipio de Zacazonapan acorde a la carta geológica de CETENAL (1980), se registran rocas ígneas, estas se originan a partir de material fundido en el interior de la corteza terrestre, el cual está sometido a temperatura y presión muy elevada. El material antes de solidificarse recibe el nombre genérico de Magma (solución compleja de silicatos con agua y gases a elevada temperatura). Se forma a una profundidad de la superficie terrestre entre 25 a 200 km. Cuando emerge a la superficie se conoce como lava. Así mismo, son extrusivas porque el magma llega a la superficie terrestre y es derramado a través de fisuras o conductos (Volcán), al enfriarse y solidificarse forma este tipo de rocas. Se distinguen de las intrusivas, por presentar cristales que sólo pueden ser observados por medio de una lupa (textura afanítica). Dentro de estas

rocas se encuentra el basalto, abarcando un mayor porcentaje del territorio municipal, estas rocas consisten de plagioclasa cálcica; seguido de rocas y minerales de tipo esquistos. Después abarcando un menor porcentaje del territorio municipal se registra la presencia de brecha volcánica y suelo aluvial (INEGI, 1990).

3.4.1. Geología de los potreros

Las características geológicas para los cuatro potreros de estudio corresponden a la roca de tipo basalto que concierne al tipo de rocas Ígneas extrusivas (CETENAL, 1980).

Figura 4. Mapa geológico del municipio de Zacazonapan



Fuente: Elaboración propia con base en datos de la carta geológica (CETENAL, 1980).

3.5. Uso de suelo y vegetación

Acorde a la carta temática de Uso del suelo y vegetación (DGG, 1982) en el municipio de Zacazonapan se registra vegetación de bosque, selva baja y pastizal inducido, con uso suelo en actividades de agricultura de temporal y agricultura de riego, ambas actividades con cultivos anuales y/o semipermanentes.

A continuación se describen los términos utilizados en el uso de suelo y vegetación, según INEGI (2005a).

Vegetación secundaria: Cuando la vegetación original ha sido sustituida por diferentes comunidades a causa de perturbación, ya sea natural o provocada por el hombre.

Pastizal inducido: Surge cuando es eliminada la vegetación original. Este pastizal puede aparecer como consecuencia del desmonte de cualquier tipo de vegetación; también puede Establecerse en áreas agrícolas abandonadas o bien como producto de áreas que se incendian con frecuencia.

En medio de la Selva baja caducifolia donde aparentemente prosperan como consecuencia de un disturbio muy acentuado, casi siempre se ven en las cercanías de los poblados y se encuentran tan intensamente pastoreados que durante la mayor parte del año la cubierta vegetal herbácea no pasa de una altura media de 5 cm. Son sometidos a fuegos frecuentes y la acción del pisoteo parece ser uno de los principales factores de su existencia. El largo periodo de sequía hace que tengan un color amarillo pajizo durante más de 6 meses.

Agricultura de temporal: Se clasifica como tal al tipo de agricultura de todos aquellos terrenos en donde el ciclo vegetativo de los cultivos que se siembran depende del agua de lluvia, sea independiente del tiempo que dura el cultivo en el suelo, un año o más de diez como los frutales. O bien son periodos dentro de un año como los cultivos de verano.

Agricultura de Riego: Considera la forma de transporte de agua como bombeo o gravedad, en general implica el suministro del agua para los cultivos.

Cultivos anuales: Aquellos que permanecen sembrados en el terreno un tiempo variable, pero no mayor de un año de acuerdo a su ciclo fenológico en que ofrece mayor producción.

Cultivos semipermanentes: Se llaman así a los que permanecen en el terreno por un periodo que varía entre más de 1 y menos de 10 años.

3.5.1. Uso de suelo y vegetación de los potreros

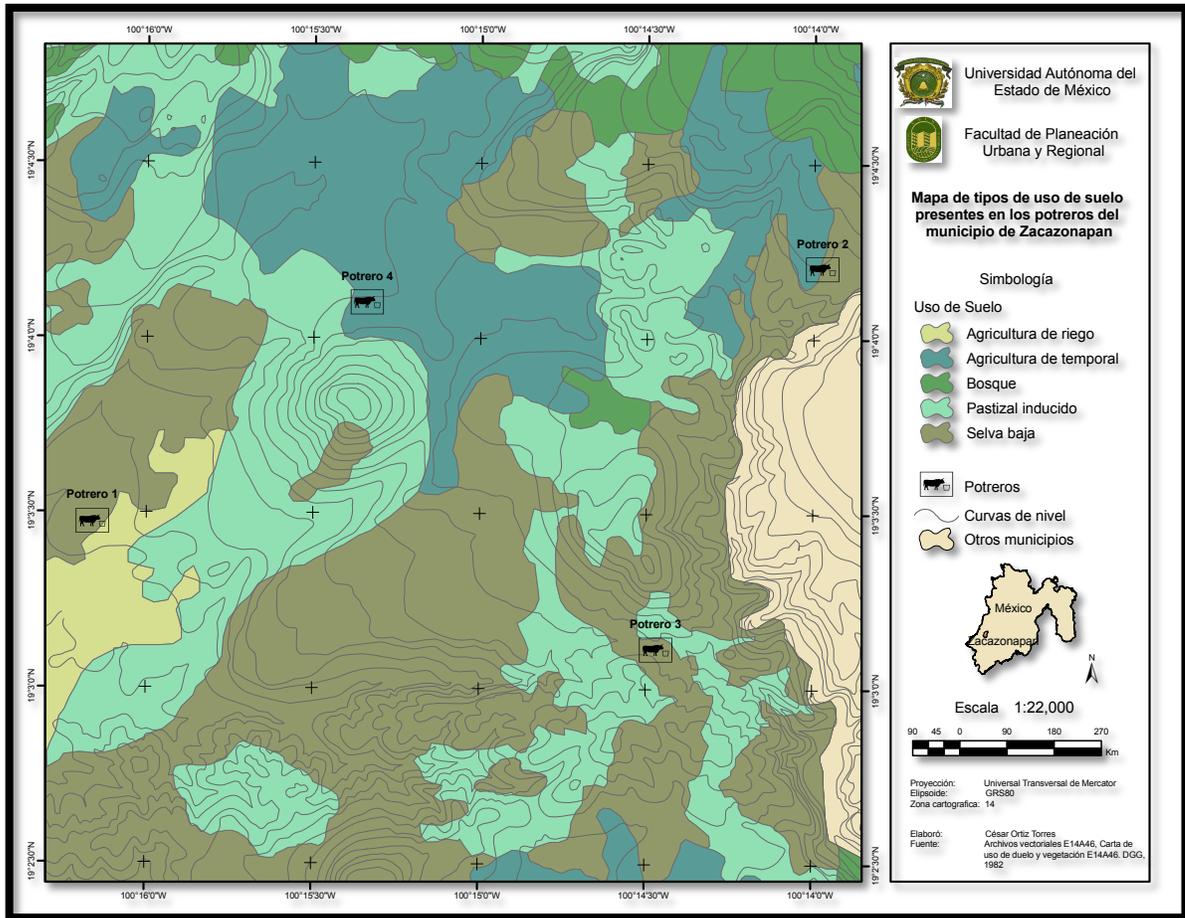
De acuerdo a la carta temática de Uso del suelo y vegetación (DGG, 1982) a cada potrero en estudio le corresponde lo siguiente:

Potrero 1 y Potrero 3, ambos potreros cuentan con las mismas características, es decir, se describen bajo una vegetación secundaria que corresponde a la selva baja caducifolia y pastizal inducido.

Potrero 2, a este potrero le corresponde vegetación secundaria de Selva baja caducifolia y pastizal inducido, así como también agricultura de temporal con cultivos anuales.

Potrero 4, unidad definida por agricultura de temporal con cultivos anuales y agricultura de riego con cultivos semipermanentes y anuales, dentro de los principales cultivos semipermanentes y anuales se encuentra el maíz, el frijol y la caña de azúcar.

Figura 5. Mapa de uso de suelo del municipio de Zacazonapan.



Fuente: Elaboración propia con base en datos de la carta de uso de suelo (DGG, 1982).

3.6. Vegetación y flora municipal

El municipio de Zacazonapan cuenta con escasos estudios referentes a la flora y vegetación, sin embargo, Arroyo (1999) en la Monografía Municipal de Zacazonapan (1999), clasifica la flora existente en: frutales inducidos, frutales silvestres, árboles, especies cultivadas, plantas silvestres comestibles, plantas medicinales, plantas de jardín y ornato, flores silvestres y hierbas silvestres.

Frutales inducidos: Aguacate, ciruelo, plátano, naranja, lima (dos especies), limón (varias especies), mandarina, guayaba (varias especies), mango, granada, papaya, chirimoya, zapote negro, chicozapote, kiwi, mamey, calguate, café, dátil, caña de azúcar, tamarindo entre otros.

Frutales silvestres: Ilama, capulincillo, guayaba criolla, ciruela china y de bola, zapote blanco y amarillo, bonete, mora, guaje colorado y negro, mango criollo timbiriche, aguacate criollo, nuez, papaya criolla, lulu, guayabilla, nanche, arrayán, mora, cachumba, etcétera.

Árboles: fresno, encino, cedro, pino de varias especies sobresaliendo ocote, encino negro y blanco, sabino o ahuehuete, sauce blanco, tepehuaje, querenda, cabrío, guácima o coahuilote, tepozán, espino herrero, huisache, brasil, jara, tepame, granadillo, casuarina, parota, diente de molino, palo dulce, cuajote o jote, capie, cuco, cirían, nanche de perro, acacia o tabachin, entre otros.

Especies cultivadas: tomate, jitomate, chile, calabaza, calabacita, rábano, chayote, chilacayote, pepino, maíz, frijol, alegría, tabaco o mige etcétera.

Plantas silvestres comestibles: Pápalo, quelite, verdolaga, limoncillo, anís, hongos de casahuate, de llano y de monte, jocoyol, retoños de guaje, etcétera.

Plantas medicinales: manzanilla, ruda, té negro, de monte y de limón, árnica, coachalalate, cirian, eucalipto, epazote de perro y morado, yerbabuena, hinojo, malva, muicle, poléo, mastuerzo, tomillo, mejorana, iztafiate, mirto, sábila, hierba de golpe, manrubio, orégano, meshishe, pegahueso, ajenjo, apio, agüitule y uña de gato, entre otros.

Flores silvestres: cempasúchil, rosa de muerto, flor de mayo, maravilla, manto, miguelos de varios colores, dalias, girasol amarillo, anaranjado y lila, tronadora, pericón, quiebraplato, etcétera.

Hierbas silvestres: helecho, carrizo, otate, tepechía, calaláhua, ortiga, higuierilla o paraguas, heno, escobetillo o chancuna, chayotillo, borreguitos, yerba del sapo, yerba del chivo, yerba de la burra, bemberecua, zeta, chamizo, bejucos, abrojos, prodigiosa, jabonera, maíz silvestre o teozintle, capitaneja, xiunina, entre otras.

Además, Arroyo (1999), cita el estudio realizado por la minera Tizapa (ver Cuadro 2) “Estudio de la flora con fines de reforestación” (1994), el cual contiene una recopilación de árboles frutales y ornamentales.

Cuadro 2. Árboles con fines de reforestación en Zacazonapan

Especies	Nombre local	Familia
Árboles frutales		
<i>Actinidia chinensis</i>	Kiwi	Actinadaceae
<i>Anarcadium occidentale</i>	Marañón	Anarcardiaceae
<i>Annona reticulate</i>	Ilama	Annonaceae
<i>Bursonima crassifolia</i>	Nanche	Malpighiaceae
<i>Carica papaya</i>	Papaya	Caricaceae
<i>Casimiro aedulis</i>	Zapote blanco	Rutaceae
<i>Citrus sp.</i>	Limón, Naranja	Rutaceae
<i>Cnidocolusaconitifolius</i>	Chaya	Euphorbiaceae
<i>Diospyros digna</i>	Zapote negro	Eneaceae
<i>Ficus carica</i>	Higuera	Moraceae
<i>Leucaena esculenta</i>	Guaje	Leguminosae
<i>Mangifera indica</i>	Mango	Anarcardiaceae
<i>Manilkara zapota</i>	Chicozapote	Sapotaceae
<i>Parmentiera aculeata</i>	Cuajilote	Bognoniaceae
<i>Pileus mexicanus</i>	Bonete	Caricaceae
<i>Pithecellobium dulce</i>	Guamúchil	Leguminosae
<i>Psidium guajava</i>	Guayaba	Myrtaceae
<i>Spondeas purpurea</i>	Ciruelo	Anarcardiaceae
Árboles Ornamentales		
<i>Acacia sp.</i>	Acacia	Leguminosae
<i>Erythina coralloides</i>	Colorín	Leguminosae
<i>Euphorbia pulcherrima</i>	Nochebuena	Euphorbiaceae
<i>Ficus sp.</i>	Hule	Moraceae
<i>Cassia tomentosa</i>	Retama	Leguminosae
<i>Jaracaranda acuífolia</i>	Jacaranda	Bignoniaceae
<i>Gliricidia septum</i>	Cacahuatenanche	Leguminosae
<i>Plumeria rubra</i>	Calenderillo	Apocinaceae
<i>Pyrostegia ígnea</i>	Framboyán	Bignoniaceae
<i>Tecoma stans</i>	Retama	Bignoniaceae

Fuente: Minera Tizapa, Superintendencia de Seguridad Industrial. Estudios de la flora con fines de reforestación, 1994. En Arroyo (1999)

De los listados de flora que se han mostrado se pueden observar varias especies que pueden tener algún uso para el hombre, ya sea ornamental, agrícola, medicinal o alimenticio. Sin embargo, también se nombran especies exóticas, como es el caso del kiwi o el marañón, que son ajenas a este tipo de flora y que además son consideradas, según el estudio realizado por la minera, como especies para reforestación.

3.7. Aspectos económicos y sociales del municipio

El municipio de Zacazonapan se caracteriza por ser ganadero así como productor de leche y quesos. Arroyo (1999) hace referencia de que la actividad ganadera se empieza a generar desde los años 30 del siglo pasado además de que también se realizaba la producción de piloncillo, producto procedente de la caña de azúcar, el cual era el principal cultivo de aquella época y por lo cual fue común que se establecieran los trapiches o molinos.

Sin embargo, a pesar de la tradición que se tiene en este sector, datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2007) en su documento Censo Agrícola, Ganadero y Forestal (2007), informa que las existencias totales de ganado bovino ubican a este municipio en el lugar 54 de los 125 municipio que se tienen registrados, reportando un total de 1,942 cabezas de ganado bovino, que representa el 0.45% del total registrado por el Estado de México (que son 426,538 cabezas de ganado bovino). Este bajo aporte puede ser debido también a la pequeña área geográfica que abarca el municipio y a sus condiciones geográficas como climáticas.

La ganadería en el municipio está dada de manera extensiva, lo cual conlleva a emplear trabajadores llamados “vaqueros” los cuales son los que realizan generalmente el cuidado de las vacas además de su ordeña y cuidado o mantenimiento de los potreros. Esto genera que con el paso del tiempo y debido a sus actividades diarias y la observación, generen un conocimiento que les permita manejar los recursos naturales presentes en los terrenos según sean sus necesidades o las de los animales.

El Plan Municipal de Desarrollo Urbano (H. Ayuntamiento de Zacazonapan, 2003) indica que el municipio se encuentra en el último lugar de la región en la producción de ganado y, como aportador de actividades del sector primario menciona que de 1990 al 2000 ha pasado a desplazarse del lugar segundo al octavo, mostrando una crisis en cuanto a las actividades agropecuarias. Esto también se ve reflejado con la desaparición de la producción de piloncillo de caña de azúcar, el cual era producido dentro del municipio a través de los trapiches.

El largo período de aprovechamiento que se ha tenido sobre el recurso vegetal, ha propiciado una modificación sobre él y por lo tanto un deterioro que se puede ver reflejado en una disminución en la biodiversidad originaria.

La roza, tumba y quema es la principal técnica de manejo agrícola que se utiliza para la creación de pastizales y poder llevar a cabo la ganadería extensiva, aunque puede clasificarse como la primera etapa, ya que una vez esta aclarado el terreno en los años siguientes solo se quema para generar un mejor rebrote del pasto Arroyo (1999).

Una de las festividades con más tradición es la “feria del queso”, la cual muestra los diferentes tipos de queso y cremas que se elaboran con la misma leche que se produce en el municipio, esta festividad se desarrolla anualmente del 25 al 29 de diciembre, y muestra también la importancia que tiene la ganadería en la producción de leche (Comunicación personal).

Cuadro 3. Producción de leche en Zacazonapan

	Producto / Especie	Total 2007	Total 2008	Total 2009	Total 2010
Estatal	Leche / Bovino	469,006	464,563	465,843	472,184
Municipal	Leche / Bovino	334.33	576.23	662.58	688.02
Representación % respecto al estado	Leche / Bovino	7.13%	12.40%	14.22%	14.57%

Fuente: Elaboración propia, con datos de Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable, 2007, 2008, 2009 y 2010

El cuadro 3, muestra como la producción de leche ha ido en aumento en el municipio y que su aporte a nivel estatal ha ido en aumento manteniéndose estable para los años 2009 y 2010, cifras que son muy favorables a nivel municipal pues el aporte en la producción de leche al estado aumento en un 50% en 3 años, lo cual puede sugerir que se ha mejorado el manejo y la técnica en la producción o también la apertura de nuevas áreas para el pastoreo del ganado.

3.7.1. Población económicamente activa.

Las áreas de estudio son los potreros o agostaderos; sin embargo, los propietarios de estos se encuentran ubicados dentro de la cabecera municipal de Zacazonapan que también lleva el mismo nombre. El INEGI (2005b) con cifras de los principales resultados por localidad (ITER), reporta que esta localidad cuenta con una población de 2,718 habitantes, de los cuales 1,396 son población masculina y 1,349 femenina, siendo mayor la proporción de hombres con respecto a las mujeres. Finalmente, para INEGI (2010), en la misma localidad registra que la población aumento a 2,968 habitantes con 1,481 hombres y 1,487 mujeres, aunque para este caso, la proporción de hombres con respecto a las mujeres disminuyo y pasaron a ser las que más abundaron.

El INEGI (2000) reporta que la población económicamente activa del municipio fue de 1,012 personas, con 1,007 ocupadas y 5 desocupadas. Y para el 2010 el mismo instituto, reporta que la población económicamente activa para la localidad de Zacazonapan es de 1,022 personas y para el municipio es de 1,350, con 967 personas ocupadas a nivel localidad y 1,262 a nivel municipal.

Cuadro 4. Población ocupada y su distribución según situación en el trabajo (2000)

Municipio y ocupación principal	Población ocupada	Distribución según situación en el trabajo					
		Empleados y obreros	Jornaleros y peones	Patrones	Trabajadores por su cuenta	Trabajadores familiares sin pago	No especificado
Zacazonapan	1007	492	153	11	304	33	14
-Profesionistas	18	16	0	0	2	0	0
-Técnicos	28	27	0	0	1	0	0
-Trabajadores de la educación	38	36	0	0	2	0	0
-Trabajadores del arte	3	1	0	0	1	1	0
-Funcionarios y directivos	13	13	0	0	0	0	0
-Trabajadores agropecuarios	242	10	70	3	137	17	5
-Inspectores y supervisores en la industria	30	27	0	1	1	0	1
-Artesanos y obreros	214	103	26	5	76	3	1
-Operadores de maquinaria fija	33	33	0	0	0	0	0
-Ayudantes, peones y similares	82	27	47	0	5	2	1
-Operadores de transporte	42	25	2	0	15	0	0
-Jefes y supervisores administrativos	8	8	0	0	0	0	0
-Oficinistas	33	32	1	0	0	0	0
-Comerciantes y dependientes	62	19	1	2	35	4	1
-Trabajadores ambulantes	21	3	2	0	13	2	1
-Trabajadores en servicios personales	50	37	3	0	9	1	0
-Trabajadores domésticos	59	52	0	0	6	1	0
-Trabajadores en protección y vigilancia	18	16	1	0	1	0	0
-No especificado	13	7	0	0	0	2	4

Fuente: INEGI (2000)

En el cuadro 4, se muestra los tipos de trabajo a nivel municipal en donde se encuentra laborando la población ocupada, los trabajos que cuentan con un mayor número de gente ocupada según el rubro son: agropecuarios, artesanos y obreros; sin embargo, el trabajo que más sobresale es el relacionado con el sector agropecuario.

En esta actividad se puede observar en los potreros, a los animales pastando mientras que los señores también trabajan en la labranza de la tierra combinando estas dos actividades, aunque no en el mismo espacio geográfico. Debido a que la ganadería se da en forma extensiva no es necesaria mucha mano de obra aunque los “vaqueros” son los que ordeñan a las vacas a tempranas horas del día, para que la leche sea distribuida dentro de la comunidad o fuera y para el autoconsumo. Cabe destacar que los productos agrícolas que generan los campesinos (como lo puede ser el maíz) son utilizados para la alimentación del ganado, por lo cual la agricultura se vuelve un insumo para la ganadería.

A pesar de que el cuadro 4 muestra que en el sector agropecuario se encuentra la mayor parte de la población ocupada, la minería representa la principal actividad económica además de que cuenta con mayor número de personas implicadas en este ramo. En el sector minero se encuentra la mayor participación de habitantes ocupados en este ramo estando dispersos en diferentes ocupaciones que han sido registradas, algunas ocupaciones en las que puede estar la población son como: transportistas, técnicos, oficinistas, obreros, inspectores, supervisores de la industria, operadores de maquinarias, entre otros.

El IGCEM registra cifras que reportan el aumento de personas ocupadas en esta actividad con el paso de los años, pues en el año 2004 registraron 475 personas aumentando a 735 personas para el 2008 (ver cuadro 5).

Cuadro 5. Actividad minera y personas ocupadas en este ramo

	2004	2006	2007	2008
Oro (kilogramo)	529	551	635	675
plata (kilogramo)	89 970	112 652	122 894	127 651
plomo (tonelada)	4 757	6 629	5 772	6 582
cobre (tonelada)	975	2 407	1 506	1 578
zinc (tonelada)	23 125	28 763	29 058	33 582
personal ocupado (persona)	475	560	560	735

Fuente: Elaboración propia con datos del IGCEM, 2005, 2007, 2008 y

2009.

El cuadro 5 muestra los principales metales obtenidos de esta actividad: oro, plata, plomo, cobre y zinc. En donde el oro, la plata y el zinc son los metales que han ido aumentando su explotación con respecto al tiempo, mientras que la explotación del cobre y el plomo ha variado con el tiempo.

Además de la minería, la agricultura es otra área importante que involucra a gran parte de la población económicamente activa, donde los principales cultivos que se producen en la entidad según datos del IGCEM y de acuerdo a la superficie sembrada son: la avena forrajera, el frijol, el maíz forrajero y el grano de maíz (ver Cuadro 6).

Cuadro 6. Principales cultivos por superficie sembrada y producción anual obtenida.

	2004	2006	2007	2008
Superficie sembrada (ha)	1 287	1 053	1 244	2 941
Avena forrajera	1	1	2	325
Frijol	4	5	5	95
Maíz forrajero	35	35	37	1 001
Maíz grano	1 247	1 012	1 200	1 520
Producción anual obtenida (ton)	4 020	3 468	4 015	53 885
Avena forrajera	15	16	28	5 030
Frijol	6	6	5	97
Maíz forrajero	875	910	962	44 788
Maíz grano	3 124	2 536	3 020	3 970

Fuente: Elaboración propia con datos del IGECEM (2005, 2007, 2008 y 2009).

Los datos muestran un aumento de 1,654 has sembradas del 2004 al 2008 que representa el 24.81% de la superficie del municipio, siendo los cultivos con fines forrajeros los que más aumentaron su área de siembra, presentando que para la avena en el 2004 existía solo 1 ha sembrada pasando a 325 has para el 2008, y que para el maíz forrajero en el 2004 existían 35 has sembradas pasando a 1,001 has en el 2008. Hasta el año 2008 se utilizó el 44.11% del territorio municipal para fines agrícolas, lo que es casi la mitad del territorio.

3.7.2. Población económicamente inactiva

El INEGI (2000), reporta que en el año 2000, la población económicamente inactiva fue de 1,320 personas. Sin embargo, la mayor parte de la población económicamente inactiva son personas dedicadas a los quehaceres del hogar, con 693 personas dedicadas a esta labor (Cuadro 7).

Cuadro 7. Población económicamente inactiva y su distribución según tipo de inactividad

Grupos quinquenales de edad (años)	Población económicamente inactiva	Distribución según tipo de inactividad				
		Estudiantes	Personas dedicadas a los quehaceres del hogar	Jubilados y pensionados	Incapacitados permanentemente para trabajar	Otro tipo de inactividad
Zacazonapan	1320	260	693	3	21	343
12 – 14	244	183	12	0	0	49
15 – 19	213	76	57	0	0	80
20 – 24	143	1	107	0	3	32
25 – 29	133	0	103	0	2	28
30 – 34	120	0	96	0	1	23
35 – 39	68	0	54	0	2	12
40 – 44	61	0	44	0	1	16
45 – 49	44	0	34	1	1	8
50 – 54	49	0	44	0	0	5
55 – 59	48	0	40	0	0	8
60 – 64	47	0	31	0	0	16
65 y más años	150	0	71	2	11	66

Fuente: INEGI (2000)

Cabe destacar la importancia del papel de la mujer, ya que aunque los datos las presentan como económicamente inactivas, ellas son las que principalmente elaboran los quesos y cremas que posteriormente son vendidos o consumidos en el hogar. Lo cual se corrobora con la feria anual del queso, la cual se celebra a finales de diciembre, en donde no sólo concursan quesos, sino además platillos típicos de la región que son elaborados por ellas.

A nivel localidad INEGI (2010), registra un total de 1,069 personas económicamente no activas y a nivel municipal se registraron 1,519.

4. MARCO JURÍDICO

4.1. La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

A través del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (2012), se establecen las bases legales para poder aprovechar la tierra de manera sustentable pues con la regulación del aprovechamiento tierras, bosques y aguas, así también se podrán adoptar técnicas que le permitan a la persona utilizar mejor sus recursos que disponga. A continuación se extrae de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (2012), una fracción de este artículo que habla de ello:

“La ley, considerando el respeto y fortalecimiento de la vida comunitaria de los ejidos y comunidades, protegerá la tierra para el asentamiento humano y regulará el aprovechamiento de tierras, bosques y aguas de uso común y la provisión de acciones de fomento necesarias para elevar el nivel de vida de sus pobladores.

La ley, con respeto a la voluntad de los ejidatarios y comuneros para adoptar las condiciones que más les convengan en el aprovechamiento de sus recursos productivos, regulará el ejercicio de los derechos de los comuneros sobre la tierra y de cada ejidatario sobre su parcela.”

4.2. La Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente

La LGEEPA (2011), a través del artículo 1, ayuda a establecer las bases legales para *“la preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente”*. Lo cual permite que el presente trabajo tenga un sustento legal, pues el conocimiento de la biodiversidad es importante para saber el estado en que se encuentran los recursos naturales disponibles de los productores.

A continuación, se hace referencia de manera general a algunos de los artículos que pueden incidir de manera directa en la temática de la investigación.

El artículo 64, menciona que a través de la *“Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural y de la Reforma Agraria, prestaran oportunamente a ejidatarios, comuneros y pequeños propietarios la asesoría técnica necesaria...”*. Esta prestación de servicios puede ayudar a los productores a aumentar sus conocimientos en el área solicitada, con lo cual podría producir con mejores resultados además de poder aprovechar de mejor manera sus recursos.

En el artículo 86, *“la Secretaría le corresponde aplicar las disposiciones que sobre preservación y aprovechamiento sustentable de especies de fauna silvestre establezcan ésta y otras leyes, y autorizar su aprovechamiento en actividades económicas, sin perjuicio de las facultades que correspondan a otras dependencias, conforme a otras leyes.”*. Con lo cual las instituciones podrán establecer las especies que sean aprovechables en las actividades pecuarias, y ya que una de las características principales de los sistemas silvopastoriles es utilizar especies de árboles forrajeras, la CONAFOR (Comisión Nacional Forestal), podría establecer los criterios para la utilización de árboles en sistemas silvopastoriles.

El artículo 98, establece los criterios para la preservación y aprovechamiento sustentable del suelo, en donde: *“Los usos productivos del suelo deben evitar prácticas que favorezcan la erosión, degradación o modificación de las características topográficas, con efectos ecológicos adversos”*. Siendo la ganadería un factor que ayude en la erosión del suelo por medio del sobrepastoreo, será importante conocer las capacidades de los potreros que permitirán sustentar el alimento a cierta cantidad de animales.

El artículo 101, menciona que *“en las zonas selváticas, el Gobierno Federal atenderá en forma prioritaria, de conformidad con las disposiciones aplicables”*. Ya que el área de estudio se encuentra dentro de una selva, con esto se puede contar con el apoyo legal para preservar y aprovechar sustentablemente los ecosistemas selváticos, prevenir los fenómenos de erosión; y, regenerar, recuperar y rehabilitar zonas afectadas por fenómenos de desertificación. Además, dentro de sus disposiciones

El artículo 103, establece que *“todos aquellos que realicen actividades agrícolas y pecuarias deberán llevar a cabo las prácticas de preservación, aprovechamiento sustentable y restauración necesarias para evitar la degradación del suelo y desequilibrios ecológicos...”*. Con lo cual al conocer el estado de los recursos, se pueden tomar actividades que ayuden en su preservación y aprovechamiento.

El artículo 104, promueve la asistencia técnica necesaria para poder prevenir el deterioro y conocer el estado de los recursos naturales, de los que dispone el productor, antes de realizar el cambio de uso de suelo. Esto a través del desarrollo prácticas de protección y restauración de suelos y realización de estudios de impacto ambiental, a continuación se extrae un fragmento de lo que menciona el artículo: *“La Secretaría promoverá ante la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y las demás dependencias y entidades competentes, la introducción y generalización de prácticas de protección y restauración de los suelos en las actividades agropecuarias, así como la realización de estudios de impacto ambiental previos al otorgamiento de autorizaciones para efectuar cambios del uso del suelo, cuando existan elementos que permitan prever grave deterioro de los suelos afectados y del equilibrio ecológico de la zona”*.

4.3. Ley Agraria

Esta ley manifiesta a través del Artículo 5, el fomento del cuidado y conservación de los recursos naturales promoviendo su aprovechamiento racional y sostenido para poder preservar el equilibrio ecológico.

4.4. La Constitución Política del Estado Libre y Soberano de México

En el Estado de México, su constitución manifiesta y apoya por medio del Artículo 18, la ejecución de programas para conservar, proteger y mejorar los recursos naturales para que tengan un aprovechamiento adecuado. A continuación se extrae un fragmento del artículo mencionado:

“Las autoridades ejecutarán programas para conservar, proteger y mejorar los recursos naturales del Estado y evitar su deterioro y extinción, así como para prevenir y combatir la contaminación ambiental.

La legislación y las normas que al efecto se expidan harán énfasis en el fomento a una cultura de protección a la naturaleza, al mejoramiento del ambiente, al aprovechamiento racional de los recursos naturales y a la propagación de la flora y de la fauna existentes en el Estado.”

4.5. El Código para la Biodiversidad del Estado de México

Dentro de los principales objetivos de este documento mencionados en el artículo 2.2, se encuentra la protección de la flora, la cual se lograra ya séase impidiendo o generando prácticas de aprovechamiento que no dañen su deterioro o función en los ecosistemas.

El artículo 2.3, menciona que es de interés social *“La regulación de las prácticas agropecuarias de roza, tumba y quema consideradas como labores previas a la preparación de los suelos, cultivos en terrenos forestales o de aptitud preferentemente forestal, agrícola o ganadera, ...”*. Con lo cual es importante participación de las personas para poder llevar a cabo acciones que encaminen a buenas prácticas de manejo de recursos naturales así como su conservación.

A través de este documento también se obliga a los municipios a aplicar instrumentos de política ambiental que permitan la conservación de los recursos naturales y desarrollen las actividades agropecuarias, lo cual se encuentra descrito dentro de una fracción del artículo 2.9:

“Aplicar los instrumentos de política ambiental previstos en el presente Libro y su Reglamento. Previniendo, protegiendo y fomentando la conservación de los recursos del bosque, del suelo y del agua básicos para el desarrollo de la actividad agropecuaria y forestal en el Estado...”

Además de las políticas ambientales que los municipios deberán aplicar, también estarán obligados a aplicar y desarrollar instrumentos económicos que fomenten un cambio con el cuidado de la biodiversidad y protección del ambiente. Lo cual es mencionado en el artículo 2.57:

“Promover un cambio en la conducta de las personas que realicen actividades agropecuarias, industriales, comerciales y de servicios de tal manera que la satisfacción de los intereses particulares sea congruente con el cuidado de la biodiversidad, con los intereses colectivos de protección ambiental, desarrollo sostenible, sociales, culturales y de mercado”

En cuanto a los criterios que se deberán tomar para la conservación, recuperación o restauración del equilibrio ecológico, el artículo 2.61, otorga las responsabilidades a las autoridades municipales y estatales correspondientes para generar planes y programas que ayuden en el aprovechamiento adecuado de la flora.

4.6. Ley de Protección al Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Estado de México

Al igual que en el Código de Biodiversidad del Estado de México (2005) en su artículo 2.57, esta ley a través de su artículo 19, fomenta la aplicación y desarrollo de instrumentos económicos que incentiven *“un cambio en la conducta de las personas que realicen actividades agropecuarias”*.

A través del artículo 70, se promueven acciones de conservación, repoblamiento y aprovechamiento racional de la flora y fauna silvestres. Y el artículo 73, a través de la Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna coordinara el repoblamiento y propagación de la flora. Con lo cual, si es que existiese el caso de sembrar especies arbóreas con fines forrajeros u otros propósitos, estas tendrían que estar aprobadas por la Comisión.

4.7. El Bando Municipal de Zacazonapan

El Bando Municipal de Zacazonapan (Gobierno del Estado de México. 2009), menciona que el municipio tendrá como fin, fomentar la investigación y el desarrollo tecnológico dentro de sus principales actividades económicas siendo la ganadería una de estas, lo cual es mencionado en el artículo 20. Estos fines no solo podrán estar encaminados a la mayor producción (ya sea de leche o carne), sino que también se podrían enfocar en el conocimiento y aprovechamiento de la flora de la región, generando nuevos sistemas de producción más sustentables (como lo sería el establecimiento de sistemas silvopastoriles).

Por medio de este documento y del artículo 98, el municipio menciona que dentro de sus prioridades se encuentra *“la protección, mejoramiento, restauración y preservación del medio ambiente”*, y a través del artículo 99, promoverá la creación del Consejo Municipal de Protección al Ambiente el cual tendrá como función, de entre otras, *“prevenir y evitar la contaminación de suelos, agua, aire, clima, bosques, flora, fauna...”*. Además, como parte de sus prioridades y preocupación por el ambiente, el Ayuntamiento expedirá por medio del artículo 102, el Reglamento Municipal de Ecología y Protección del Medio Ambiente.

5. JUSTIFICACIÓN

5.1. Problemática actual del suelo y manejo del recurso

El municipio de Zacazonapan tiene una extensión de 6,714 ha de las cuales INEGI (2005b) reporta que:

- 986.345 ha son destinadas a la agricultura, con 411.851 ha de agricultura de temporal y 574.494 de agricultura de riego.
- 1,624 ha son destinadas al cultivo de pastizal inducido principalmente pasto estrella.
- 967.859 ha son de bosque donde 632.019 ha son de bosque de coníferas (335.84 ha bosque de encino y 335.84 de bosque encino-pino).
- 2,294.456 ha son de florística secundaria de bosque de encino, de las cuales 1,537.005 ha son de bosque de encino y 757.451 son de encino-pino.
- 794.522 ha son de vegetación secundaria de selva baja caducifolia.

Se puede apreciar que la superficie destinada al cultivo de pastizal es mayor al de la vegetación de selva baja caducifolia, la cual disminuirá debido a la continua introducción de pastos exóticos y, por lo tanto, se presenta un desplazamiento del ecosistema, estas prácticas de limpia del terreno los homogenizan para generar pastizales destruyendo la diversidad vegetal presente.

La importancia de la selva baja caducifolia radica en su riqueza florística y en su elevada proporción de endemismo (es decir de especies que no habitan en ningún otro lugar del planeta), lo que la convierte en una de las áreas que deben ser conservadas prioritariamente (Zuleta *et al.*, 2006). Sin embargo, en México este tipo de selva ha sido perturbada muy fuertemente por la ganadería extensiva y los efectos ecológicos de esta actividad han sido poco evaluados (Hernández *et al.*, 2000).

La deforestación tiene como consecuencia la pérdida de biodiversidad vegetal, propiciando la degradación del suelo a través de su compactación y pérdida de fertilidad, lo cual genera

que los ganaderos inviertan más, tanto en recursos económicos como en esfuerzos, en la fertilización, el riego y control de las malezas, por lo cual, para no aumentar los costos (pues en ocasiones no se cuenta con los recursos económicos suficientes), se opta por la quema de los pastizales y la apertura de nuevas áreas de selva que son más fértiles (Bautista-Zúñiga, 2007).

Este es un grave problema en el deterioro de la selva baja caducifolia y su manejo ya que es posible encontrar diversas especies que pueden ser benéficas para la ganadería, aportando gran variedad de nutrientes y diversidad de alimentos para la temporada de sequías que es muy marcada en la región. Muchas de las especies desplazadas son consideradas como malezas, las cuales, pueden contribuir en la diversificación de la dieta del animal y así mismo asegurar la sostenibilidad y equilibrio ecológico a largo plazo del ecosistema (Canizales *et al.*, 2010).

Los beneficios que este ecosistema brinda pueden darse tanto a nivel industrial como directamente a la población. Guízar y Cedillo (1996) citados por Zuleta *et al.* (2006) dan a conocer varias especies útiles de la selva baja caducifolia (Cuadro 8), recalcando el hecho de que este ecosistema aún ha sido muy poco estudiado y puede aportar más beneficios a futuro con más investigaciones.

Cuadro 8. Usos de la flora de la selva baja caducifolia

Usos de la flora útil de la selva baja caducifolia en México.	
Materias básicas para el hombre	Alimento, fibras y maderas (ebanistería, construcción y combustible)
Materias accesorias	Especias y perfumes, estimulantes, medicinas (flores, hojas, frutos, corteza, raíz), plantas ceremoniales, venenos, taninos y pigmentos.
Materias primas industriales	Aceites secantes y jabones.
Materias forrajeras	Diversas especies de la familia Gramineae, Leguminosae y Acanthaceae.
Plantas perjudiciales al hombre (tóxicas)	Algunas especies de la familia Papaveraceae y Anacardiaceae.
Plantas ornamentales	Especímenes de la familia Apocynaceae y Bombacaceae.

Fuente: Guízar y Cedillo, 1996. En Zulueta *et al.*, 2006.

El saber que este ecosistema aporta una gran cantidad de flora útil para uso humano puede ayudar en la diversificación de los cultivos y así disminuir en cierta medida los costos de los insumos utilizados para el mantenimiento de los sistemas monoespecíficos, como son los pastizales (Bautista-Zúñiga, 2007).

Otro aspecto que también es importante que se conozca por parte de la población ganadera, es que así como existen especies benéficas tanto para el hombre como para los animales, hay plantas que son muy perjudiciales para el ganado. Avendaño y Flores (1999) mencionan que la problemática sobre la intoxicación del ganado por vegetación nociva se manifiesta principalmente a través de efectos como: daños severos en el sistema gastrointestinal, lesiones en el sistema nervioso, respiratorio y muscular; afecciones serias en el hígado, riñón, corazón y pulmones; además de otros males como aborto y fotosensibilidad. Con lo cual se acarrea pérdidas económicas directas a los propietarios.

El conocimiento de estas especies dañinas puede ayudar a enfocar esfuerzos específicos en el control de malezas a través de su control de la población.

6. HIPÓTESIS

La existencia de una mayor diversidad de especies en los agroecosistemas permite a los animales acceder a una alimentación más variada y nutritiva de manera natural además de mantener los ecosistemas menos deteriorados.

7. OBJETIVOS

7.1. Objetivo General

- Analizar la biodiversidad vegetal presente en potreros de Zacazonapan, para evaluar el grado de deterioro y/o conservación de los agroecosistemas.

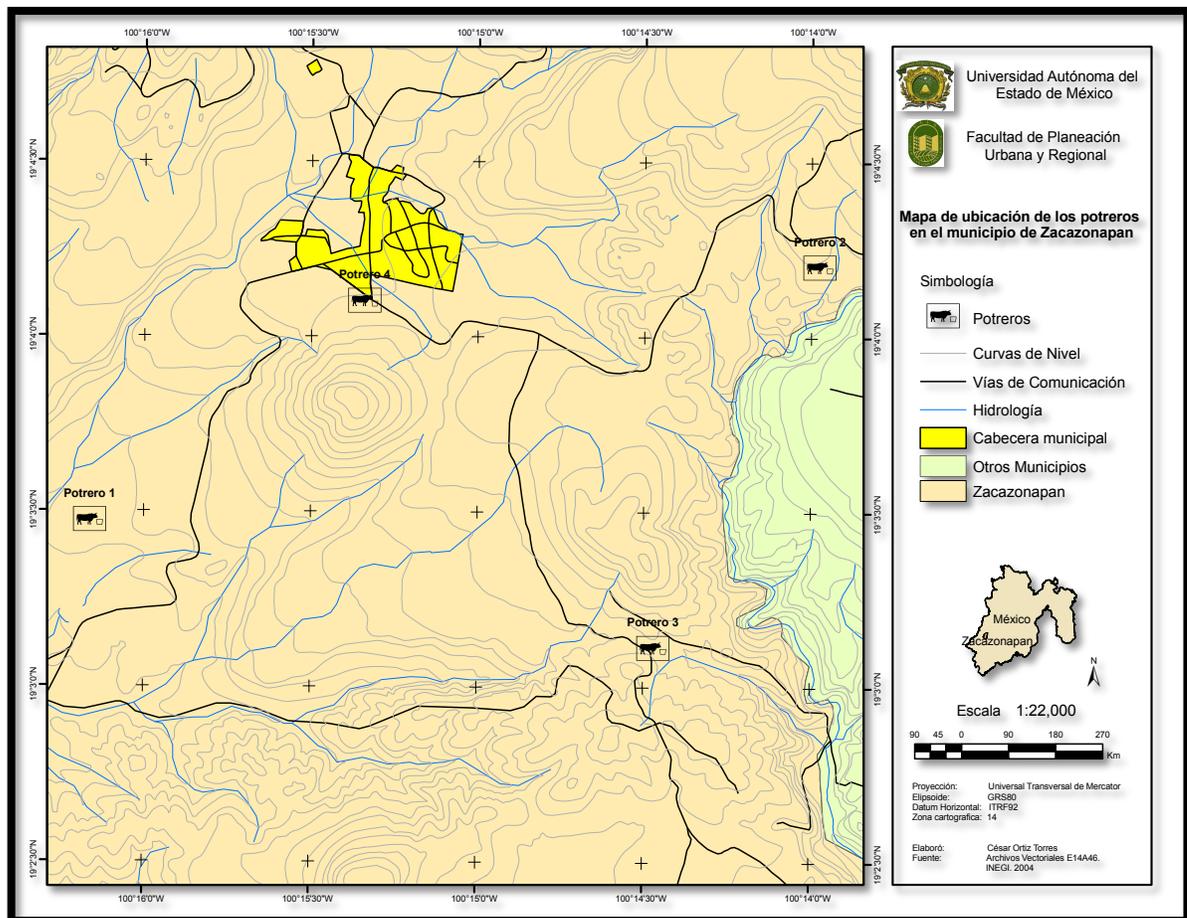
7.2. Objetivos particulares

- Identificar las especies herbáceas, arbustivas y arbóreas presentes en el sistema.
- Medir la biodiversidad presente en los potreros a través del uso de los índices de Shannon, Simpson, frecuencia, abundancia y riqueza en los potreros.
- Conocer el manejo general que le dan los ganaderos a los potreros e inferir sobre su condición ambiental.

8. METODOLOGÍA

El estudio se llevó a cabo en el municipio de Zacazonapan en 4 potreros pertenecientes a distintos dueños localizados en las siguientes coordenadas (ver figura 6): Potrero 1, 19°03'28.38" de Latitud Norte y 100°16'09.55" de Longitud Oeste; Potrero 2, 19°04'12.16" N y 100°13'58.39" O; Potrero 3, 19°03'6.82" N y 100°14'27.99" O; y Potrero 4, 19°04'06.13" N y 100°15'20.30" O. Y en donde además se llevaron a cabo dos muestreos realizados en junio y noviembre del 2010.

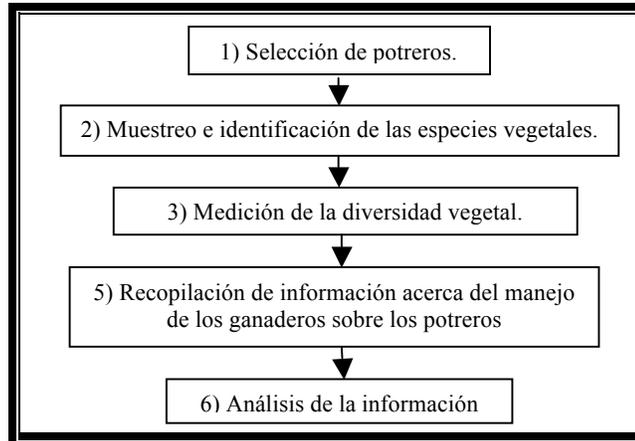
Figura 6. Mapa de ubicación de potreros



Fuente: Elaboración propia con base a los archivos vectoriales E14A46 (INEGI, 2004).

Para la realización del presente trabajo se llevó a cabo la metodología que se presenta en la Figura 7.

Figura. 7. Esquema metodológico



Fuente: Elaboración propia

8.1. Selección de potreros

Para llevar a cabo la selección de los 4 potreros, se realizó una convocatoria abierta a la comunidad, lo cual se cumplió tomando como base la técnica de investigación participativa.

La investigación participativa se deriva de la investigación activa o investigación acción, la cual da mucha importancia a las personas o instituciones involucradas y sus procesos ya que la idea y meta central es la concientización de los objetos de estudio (Rosado, 2003)

Por lo tanto, ya que lo que se busca es encontrar alternativas de solución para conservar la biodiversidad a través de técnicas específicas como lo es el sistema silvopastoril, una de las formas para llegar a esto es generando conciencia en los productores hacia la conservación de la vegetación de los potreros, esto con la participación directa de los productores, indicándoles los beneficios que pueden obtener si los conservan. Y ya que ellos son los que hacen el manejo directo del recurso vegetal, entonces también pueden dar propuestas y comentarios acerca de que especies les son más beneficiosas o no.

Rosado (2003) hace mención de la investigación participativa como:

- *“una propuesta metodológica insertada en una estrategia de acción definida, que involucra a los beneficiarios de la misma en la producción de conocimientos”*
- *“una combinación de investigación, educación-aprendizaje y acción”*
- *“un método educacional y poderoso instrumento de concientización”*
- *“puede caracterizarse como una investigación cualitativa, en la que pueden incluirse elementos cuantitativos”*

Por lo tanto, este tipo de investigación permitirá el intercambio de información entre el investigador y los productores, beneficiándose ambos con sus comentarios, experiencias y conocimientos, además de que al mismo tiempo se instruirá al productor hacia el porqué de la conservación de su entorno. Otro aspecto importante que abarca esta técnica es que tiene la característica de abordar de forma mixta los datos cualitativos y cuantitativos de la información.

8.2. Descripción de la vegetación

Flores y Álvarez (2004), consideran que la descripción de la vegetación se pueden basar en dos formas de medición: las basadas en la fisionomía y las basadas en la florística. Esta segunda forma está clasificada en: método destructivo y no destructivo. Para este trabajo se utilizó solo el segundo método. Dentro de la clasificación de los métodos de medición no destructivos que mencionan los mismos autores están: los de densidad, de cobertura, de frecuencia, área basal y de distancia.

Para poder diferenciar entre la vegetación y la flora a continuación se definirán según Rzedowsky (1978):

Flora. Es el conjunto de plantas que habitan en una región, analizado desde el punto de vista de la diversidad de los organismos.

Vegetación. Conjunto de plantas que habitan en una región analizado desde el punto de vista de las comunidades bióticas que forman.

8.3. Muestreo

El muestreo o la recopilación de información en campo se realizó en dos temporadas durante un mismo año (2010), El primer muestreo se realizó en junio (**periodo 1**) y el segundo en noviembre (**periodo 2**).

Las unidades muestrales que se utilizaron para realizar el estudio fueron de tipo cuadros (aunque algunos autores lo llaman también como método de cuadrantes, sin embargo, para este caso se le llamará de cuadros), el cual consiste en colocar sobre la vegetación un cuadrado, ya sea que este conformado por varillas o una cuerda para poder determinar la densidad, cobertura y frecuencia de las plantas (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

En cuanto a la distribución espacial de los cuadros Flores y Álvarez (2004) describen seis: a) Representativo, b) Al azar, c) Regular o sistemático, d) Restrictivo al azar, e) Transecto y f) estratificado. Sin embargo, se tomó en cuenta la clasificación de Matteucci y Colma (1982), quienes manejan de una manera más integradora tres clasificaciones de muestreo que son: el preferencial, el aleatorio y el sistémico o aleatorio restringido. De las cuales a continuación se dará una breve descripción según estos autores.

Muestreo preferencial, la muestra o las unidades muestrales se sitúan en unidades consideradas típicas o representativas sobre la base de criterios subjetivos. Este tipo de muestreo se basa en suposiciones a priori acerca de las propiedades de la vegetación; requiere investigadores con experiencia en la zona de estudio y como el modelo no está claramente definido, es imposible evaluar el intervalo de confianza de los datos obtenidos. Este se llama comúnmente como representativo.

Muestreo aleatorio consiste en ubicar las muestras o unidades muestrales al azar. En este caso, cada unidad de población tiene igual probabilidad de formar parte de la muestra la que resulta óptimamente representativa. Este modelo permite obtener el valor promedio de las variables consideradas y estimar la precisión de este promedio (desviación estándar de la muestra).

Muestreo sistemático, que consiste en ubicar las muestras o unidades muestrales en un patrón regular en toda la zona de estudio, permite detectar variaciones espaciales en la comunidad. Sin embargo, no se puede obtener una estimación exacta de la precisión de la medida de la variable considerada, y al comparar dos poblaciones tampoco se puede evaluar la significación de las diferencias entre las medidas de ambas.

Para la toma de muestras se utilizaron dos tipos de cuadros uno grande para los árboles y arbustos, y otro chico para las herbáceas el cual se muestreaba dentro del grande. En el primero se utilizó el de tipo sistemático pues se trataba de comparar e identificar los cambios en las comunidades dentro de los potreros debido al manejo al que eran sujetos por los propietarios. Y en el segundo se utilizó la metodología de muestreo aleatorio dentro de los cuadros grandes, pues se buscaba tener una estimación acerca del promedio de especies herbáceas presentes dentro de los potreros.

En cuanto al tamaño de los cuadros Bullock (2006), sugiere que para la medición de distintos tipos vegetación tales como: comunidades de briofitas líquenes y algas, se utilizan cuadros de con áreas de 0.01 m² a 0.25 m²; para comunidades de macrofitas acuáticas, pastizales, hierbas altas y arbustos pequeños, cuadros de 0.25 a 16 m²; para comunidades de arbustos altos, de 25 a 100 m²; y, para árboles en bosques pequeños y grandes, de 400 a 2,500 m². Por lo tanto, para los cuadros pequeños en donde se iban a medir las especies herbáceas, se utilizaron cuadros de 0.25 m², ya que a pesar de la dominancia de pastos y el constante pastoreo del ganado, se trató de que al momento del muestreo se incluyeran aquellas especies que solo tenían la posibilidad de crecer al ras de suelo además de las hierbas altas. Para los cuadros grandes se utilizaron cuadros de 1,600 m², área estimada de

manera subjetiva pero dentro de las recomendadas por Bullock (2006), ya que los árboles y arbustos grandes existentes se encontraban muy espaciados.

Con respecto a la cantidad de cuadros necesarios para las muestras o tamaño de la muestra, Matteucci y Colma (1982) dicen que “*entre mayor sea el número de unidades muestrales más precisa será la estimación de la variable considerada*”. Aun así, cabe mencionar que también se afirma que no es posible realizar una gran cantidad de muestreos, pues la inaccesibilidad al área ó los costos, ya sean de tiempo, dinero y esfuerzo, pueden representar un obstáculo para su realización (Bullock, 2006; Mostacedo y Fredericksen, 2000; y Matteucci y Colma, 1982). Por lo tanto, para poder establecer un tamaño adecuado y significativo de la muestra Mostacedo y Fredericksen (2000) sugieren su determinación a través de alguno de los siguientes métodos: un modelo matemático, método de promedio corrido o por curvas especie-área, especie-distancia. Sin embargo, el tamaño final que se considero fue el propuesto por Estrada-Flores (2005), basado en su experiencia de estudios anteriormente realizados y su conocimiento de la zona de estudio, considerando dos cuadros grandes y 10 cuadros chicos por cada cuadro grande. Así también en la metodología propuesta por Figueroa-Medina *et al.*, (2010), (comunicación personal).

8.4. Análisis de la Información

8.4.1. Diseño experimental.

En el presente trabajo se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, donde los tratamientos fueron los potreros y los bloques los periodos. Segura (2000), menciona que el término tratamiento *es una sola de las formas en cantidad y calidad que toma durante el experimento el factor que se quiere estudiar*, y un bloque es un *conjunto de unidades experimentales que, debido al diseño experimental se consideran por separado para asignarles los tratamientos que les correspondan*.

La aplicación de un diseño experimental permite comparar los diferentes tratamientos (Segura, 2000), y el modelo estadístico utilizado para este tipo de diseño es:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \alpha_j + e_{ij}$$

Donde:

Y= Variable respuesta

β_i = Efecto debido a los potreros (1,..4)

α_{ij} = Efecto debido a los periodos (1, 2)

e_{ij} = Efecto debido al error residual

Los resultados se estudiaron con un análisis de varianza utilizando el paquete estadístico de Minitab v14 (2000). Cuando se observaron diferencias significativas se usó la prueba de Tukey.

Las variables evaluadas fueron: Índices de diversidad alfa (índices de Simpson y Shannon), abundancia relativa, frecuencia y riqueza de especies.

Las especies identificadas se presentan en los resultados en forma de listado.

Las variables identificadas son:

- Especies vegetales presentes en los potreros. Las especies colectadas se identificaron a través de claves de identificación taxonómica propuestas por Rzedowski *et al.* (2005) con la ayuda de Francisca Avilés Nova y Beatriz Matías González. Las especies se cotejaron en el Herbario del Instituto Politécnico Nacional con la ayuda de la M. en C. María de la Luz Arreguín Sánchez.
- Índices de diversidad alfa (Índices de Simpson y Shannon), Abundancia, Frecuencia y Riqueza de especies.

8.4.2. Índices de Diversidad

Existen diferentes índices para medir la diversidad, Whitaker (1972, citado por Moreno 2001), los clasifica como: índice de diversidad alfa, beta y gamma. Sin embargo, en este

trabajo solo se utiliza el índice de diversidad alfa, a continuación se describirán de forma breve los índices según el autor antes mencionado:

Diversidad alfa, es la riqueza de especies de una comunidad particular a la que consideramos homogénea.

Diversidad beta, es el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje.

Diversidad gamma, es la riqueza de especies del conjunto de comunidades que integran un paisaje, resultante tanto de las diversidades alfa como de las diversidades beta.

Los potreros son considerados como una comunidad homogénea pues la influencia antropogénica que se tiene sobre ellos a través de la siembra de pastos, los ha homogenizado como praderas y de allí la utilización de los índices de diversidad alfa.

Los índices de diversidad alfa están clasificados según los métodos de medición, a continuación se menciona la clasificación y se indica en donde se encuentran clasificados los índices que se utilizan en el trabajo: a partir de la riqueza específica, dentro de este método se encuentra la forma de medición de la riqueza de especies; y según la estructura de la comunidad, en el cual están clasificados el índice de Simpson y el índice de Shannon (Moreno, 2001).

8.4.2.1. Índice de Simpson

Este es un índice basado en la dominancia de las especies, el cual toma en cuenta la representatividad de las especies con un mayor valor o grado de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies (Moreno, 2001)

El índice de Simpson (d), da la probabilidad de que cualquiera dos individuos tomados al azar de una comunidad llegue a ser de la misma especie (Magurran, 2004).

$$D = \sum p_i^2$$

Donde p_i es una proporción de individuos en las i -ésimas especies

Además, Lande (1996, citado por Magurran, 2004) menciona otra forma para poder calcular la diversidad con este índice, la cual puede usarse a través de esta forma $I - D$.

8.4.2.2. Índice de Shannon

Este índice asume que los individuos son muestreados aleatoriamente de una amplia comunidad (Pielou, 1975 citado por Magurran, 2004) y todas las especies están representadas en la muestra, este índice es calculado con la siguiente expresión (Magurran, 2004):

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

La cantidad de p_i es la proporción de los individuos encontrados en i -ésimas especies.

Smith y Smith (2001) afirman que este índice está basado en la teoría de la información midiendo el grado de incertidumbre, además de que toma en consideración tanto el número como la abundancia relativa de las especies. Mencionan también que si la diversidad es baja, entonces la seguridad de tomar una determinada especie por azar es alta.

Para poder calcular la diversidad máxima (H_{max}) que posiblemente podría ocurrir, Magurran (2004), menciona que esta se puede encontrar en una situación donde todas las especies tuvieran igual abundancia, en otras palabras cuando $H' = H_{max} = \ln S$.

8.4.3. Abundancia relativa

La abundancia se refiere a la cantidad o al tamaño de las poblaciones. Sin embargo, la abundancia relativa representa el conteo de todos los individuos de cada especie en una

serie de parcelas de muestreo dentro de una comunidad y determinando que porcentaje contribuye cada especie al conjunto de la comunidad (Smith y Smith, 2001).

Flores y Álvarez (2004), dan una ecuación para calcular esta característica la cual es:

$$A. \text{ rel.} = (\text{No. de individuos de cada especie} / \text{Total de individuos}) * 100$$

8.4.4. Frecuencia

Frecuencia es la probabilidad de encontrar a uno o más individuos en una unidad muestral particular y se expresa como porcentaje del número de unidades muestrales, en donde el atributo o individuo (m), aparece en relación con el número total de unidades muestrales (M), resultando la siguiente ecuación (Mateucci y Colma, 1982).

$$F = (m/M)*100$$

9. RESULTADOS

9.1. Especies presentes en potreros

De los dos periodos de muestreo que se llevaron a cabo (el primero en junio y el segundo en noviembre), se realizó un análisis en donde se evaluó la frecuencia y abundancia relativa de todos los potreros, generando una lista de la cual solo se presentan en el cuadro 9 las cinco primeras especies con mayor abundancia relativa (para mayor información de las demás especies véase el anexo 1), mostrando que la especie con mayor abundancia relativa en los potreros durante el primer período de muestreo es *C. plectostachyus*, la cual presentó 36.15% . En cuanto a su frecuencia fue la segunda especie más frecuente, con un valor de 0.68 del total de los 80 cuadros chicos muestreados. La *Aeschynomene spp* con 0.84 fue la más frecuente en el primer periodo. Otras especies que presentaron valores por arriba del 10% de abundancia relativa durante el primer período evaluado fueron: *Bidens spp.* con 18.54% y 0.44 de frecuencia, *Aeschynomene spp.* con 16.96% y una frecuencia de 0.84.

En el segundo período el *C. plectostachyus* presentó una abundancia considerablemente mayor, 57.49% con respecto a otras especies así como una frecuencia de 0.75, para este período solo *Aeschynomene spp.* superó el 10% de abundancia relativa con 14.94% y 0.25 de frecuencia.

Cuadro 9. Frecuencia y abundancia relativa de especies por periodo

Familia	Especies	Frecuencia	Abundancia relativa %
Periodo 1			
Poaceae	<i>Cynodon plectostachyus</i>	0.68	36.15
Asteraceae	<i>Bidens sp</i>	0.44	18.54
Fabaceae	<i>Aeschynomene spp</i>	0.84	16.96
Poaceae	<i>Axonopus compressus</i>	0.31	6.77
Convolvaceae	<i>Ipomea orizabensis</i>	0.19	3.42
Periodo 2			
Poaceae	<i>Cynodon plectostachyus</i>	0.75	57.49
Fabaceae	<i>Aeschynomene spp</i>	0.25	14.91
Asteraceae	<i>Tagetes remotifolia</i>	0.28	4.54
Asteraceae		0.01	3.96
Poaceae	<i>Pennisetum sp</i>	0.16	3.46

Fuente: Elaboración propia.

La composición florística estuvo constituida por 36 especies con 6,025 individuos durante el primer período y 41 especies 1,388 individuos en el segundo, de los cuales pertenecen a 12 familias: Amarantaceae, Asteraceae, Buddlejaceae, Caesalpiniaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Malvaceae, Mimosaidae, Poaceae, Rosaceae, Rubeaceae y Solanaceae.

A continuación se muestran los resultados de frecuencia y abundancia relativa obtenidos por potrero, además, las tablas que se presentan muestran las cinco primeras especies con mayor índice de abundancia relativa acomodadas de mayor a menor.

9.1.1. Resultados del potrero 1.

El cuadro 10 muestra la frecuencia y abundancia relativa clasificada por períodos, indicando que pocas especies son las que permanecen durante el primer período, apareciendo nuevas durante el segundo. En este caso la especie que presentó una mayor abundancia en el primer período fue la *Axonopus compressus* con 32.04% y 0.45 de frecuencia, seguida de la *B. brizantha* con 20.96% y 0.5, la *Aeschynomene spp* con 16.29% y 0.6, las cuales superaron el 10% de abundancia relativa. En el segundo período la especie *C. plectostachyus* con 42.76% fue quien presentó el mayor porcentaje de abundancia además de que presentó 0.95 de frecuencia, le siguió *Asteraceae* con 19.44% y 0.05 de frecuencia respectivamente.

Cuadro 10. Frecuencia y abundancia relativa del potrero 1 por periodos

Familia	Especies	Periodo 1		Periodo 2	
		Frecuencia	Abundancia relativa %	Frecuencia	Abundancia relativa %
Poaceae	<i>Axonopus compressus</i>	0.45	32.04		
Poaceae	<i>Bracharia brizantha</i>	0.50	20.96		
Fabaceae	<i>Aeschynomene spp</i>	0.60	16.29	0.40	8.83
Poaceae	<i>Cynodon plectostachyus</i>	0.10	9.88	0.95	42.76
Convolvulaceae	<i>Ipomea pubescens</i>	0.35	8.28	0.05	0.35
Asteraceae	<i>sp 1</i>			0.05	19.44
Asteraceae	<i>Simsia spp</i>			0.25	8.83
No identificada	3			0.10	4.95

Fuente: Elaboración propia.

9.1.2. Resultados del potrero 2.

En este potrero la especie que fue más abundante durante los dos períodos fue el *Cynodon plectostachyus* (ver cuadro 11), registrando en el primer período 40.47% de abundancia y 0.6 de frecuencia, aumentando para el segundo a 65.90 % y 0.2. Otra especie que aumento su abundancia y se presentó en los dos períodos fue la *Aeschynomene spp* con valores de 17.67% y 1, aumentando a 22.12% y 0.35 respectivamente. Otras de las especies que durante el primer período presentaron valores por arriba del 10% de abundancia relativa y además se presentaron en el segundo fueron: *Axonopus compressus* e *I. orizabensis*. Durante el segundo período la única especie que alcanzó un valor por encima del 10% fue la *Aeschynomene spp* con 22.12% y 0.35 de frecuencia.

Cuadro 11. Frecuencia y abundancia relativa del potrero 2 por periodos

Familia	Especies	Periodo 1		Periodo 2	
		Frecuencia	Abundancia relativa %	Frecuencia	Abundancia relativa %
Poaceae	<i>Cynodon plectostachyus</i>	0.60	40.47	0.20	65.90
Fabaceae	<i>Aeschynomene spp</i>	1.00	17.67	0.35	22.12
Poaceae	<i>Axonopus compressus</i>	0.80	15.63	0.10	1.08
Convolvulaceae	<i>Ipomea orizabensis</i>	0.25	15.26	0.10	1.23
Asteraceae	<i>Bidens sp</i>	0.30	2.51	0.05	0.31
Poaceae	<i>Pennisetum sp</i>			0.40	5.84
Asteraceae	<i>Tagetes remotifolia</i>			0.25	2.30

Fuente: Elaboración propia.

9.1.3. Resultados del potrero 3.

Para el potrero 3, la especie que presento un elevado índice de abundancia durante los dos períodos fue el *Cynodon plectostachyus* con 40.49% durante el primero y 67.91% en el segundo (ver cuadro 12), siendo también la especie que mayor nivel de frecuencia tuvo durante los dos períodos con valores de 1 en el primer período y 0.95 para el segundo. Para el primer período, fueron dos las especies que presentaron una abundancia significativamente mayor al 10% siendo la *B. adorata* con 31.40% y 0.65 de frecuencia y *Aeschynomene spp* con 11.84% y 0.75. Para el segundo período la única que presentó un valor por encima del 10% fue la *T. remotifolia* con 12.68% y 0.7 de frecuencia.

Cuadro 12. Frecuencia y abundancia relativa del potrero 3 por periodos

Familia	Especies	Periodo 1		Periodo 2	
		Frecuencia	Abundancia relativa %	Frecuencia	Abundancia relativa %
Poaceae	<i>Cynodon plectostachyus</i>	1.00	40.49	0.95	67.91
Asteraceae	<i>Bidens odorata</i>	0.65	31.40	0.05	0.47
Fabaceae	<i>Aeschynomene spp</i>	0.75	11.84		
Oxalidaceae	<i>Oxalis spp</i>	0.30	4.96		
No identificada 13		0.05	4.80		
Asteraceae	<i>Tagetes remotifolia</i>			0.60	12.68
Fabaceae	<i>Dalea verisicolor</i>			0.10	4.70
Poaceae	<i>Pennisetum compresum</i>			0.25	4.69
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia hirta</i>			0.05	1.88

Fuente: Elaboración propia.

9.1.4. Resultados del potrero 4.

En el potrero 4 la especie que abundó en los dos períodos fue el *C. plectostachyus* con 38.58% y 1 de frecuencia para el primer período fue de 42.32% y 0.9 en el segundo (ver cuadro 13). Otras de las especies que presentaron una abundancia relativa por encima del 10% durante el primer período fueron la *Aeschynomene spp* con 23.55% y 1 de frecuencia y *Bidens spp* con 18.63% y 0.8. Para el segundo período, aparte del *C. plectostachyus*, solo una presentó un valor por arriba del 10% la cual fue *Aeschynomene spp* con 15.77% y 0.25 de frecuencia.

Cuadro 13. Frecuencia y abundancia relativa del potrero 4 por periodos

Familia	Especies	Periodo 1		Periodo 2	
		Frecuencia	Abundancia relativa %	Frecuencia	Abundancia relativa %
Poaceae	<i>Cynodon plectostachyus</i>	1.00	38.58	0.90	42.32
Fabaceae	<i>Aeschynomene spp</i>	1.00	23.55	0.25	15.77
Asteraceae	<i>Bidens sp</i>	0.80	18.63		
No identificada 20		0.10	6.03		
Asteraceae	<i>Cosmos sp</i>	0.10	5.64		
Asteraceae	<i>Tagetes remotifolia</i>			0.25	8.71
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i>			0.25	5.81
Asteraceae	<i>sp 3</i>			0.25	4.98

Fuente: Elaboración propia.

9.2. Índices de diversidad

El análisis de los índices de diversidad de Shanon-Wiener, Simpson y riqueza vs períodos y potreros fue determinado a través del modelo general lineal $Y = u + T_i + B_{ij} + e_{ijk}$ con ayuda del paquete Minitab v14 (2000). Sin embargo no se presentó ningún resultado estadísticamente significativo por lo cual no fue necesaria la realización de la prueba de Tukey. Los resultados generados pueden verse en el cuadro 14 que a continuación se muestra.

Cuadro 14. Diversidad de especies por periodo y potrero.

	I. Shannon	D.E.	I. Simpson	D.E.	Riqueza	D.E.
Periodo						
Periodo 1	1.783	0.1348	0.2306	0.0437	16.5	8.021
Periodo 2	1.607	0.4429	0.3459	0.1374	16.5	1.915
Promedio	1.695	0.3173	0.2883	0.1127	16.5	5.398
P	n.s.		n.s.		n.s.	
Potrero						
1	1.88	0.1038	0.2081	0.0508	13	2.828
2	1.513	0.4454	0.3381	0.1512	15.5	0.707
3	1.488	0.2811	0.3798	0.145	22.5	7.778
4	1.900	0.3173	0.2271	0.0208	15	5.657
P	n.s.		n.s.		n.s.	

DE= Desviación estándar, n.s.= No significativo

Fuente: Elaboración propia.

Los índices de Shannon obtenidos, muestran valores de 1.783 para el primer periodo y 1.607 para el segundo, indicándonos la homogeneidad que existió entre los dos sin presentar algún valor significativo que muestre algún cambio. De igual manera se presentaron los valores por potrero, resultando que: para el potrero 1 se obtuvo 1.88; para el 2, 1.513; para el 3, 1.488; y para el 4, 1.9. Los cuales no presentaron alguna variabilidad significativa considerada por el programa.

En cuanto a la diversidad máxima posible por período se obtiene para el primer periodo $H_{\max}=3.58$ y para el segundo periodo $H_{\max}=3.71$, donde de igual forma no hubo variaciones entre estos los cuales sean significativos, indicando su homogeneidad. En el caso de la H_{\max} calculada por potrero se obtuvieron los siguientes valores: para el potrero 1, 2.99; para el 2, 3.05; en el 3, 3.56; y para el 4, 3.09.

En el índice de dominancia de Simpson obtuvo para el periodo 1, un valor de 0.2306 y para el segundo 0.3459, valores que no representaron una variación significativa. Con respecto a los valores resultantes por potrero estos tampoco fueron significativos. Para el potrero 1 se obtuvo, 0.2081; para el 2, 0.3381; para el 3, 0.3798; y para el 4, 0.2271. Al realizar la conversión de D a $1-D$ se generaron los valores presentados en el cuadro 15.

Cuadro 15. Índices de diversidad de Simpson

	I. Simpson (D)	I. Simpson (1-D)
Periodo		
Periodo 1	0.2306	0.7694
Periodo 2	0.3459	0.6541
Promedio	0.2883	0.7117
Potrero		
1	0.2081	0.7919
2	0.3381	0.6619
3	0.3798	0.6202
4	0.2271	0.7729

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los valores de riqueza obtenidos por período (cuadro 14), se puede apreciar que se mantuvieron iguales en el periodo 1 y el periodo 2 con un valor de 16.5. Mientras que por potrero el tercero presentó el mayor valor con 22.5, el 2 y 4 registraron cifras semejantes con 15.5 y 15 respectivamente y el potrero 1 fue el que presentó la menor riqueza con 13. Cabe mencionar que estos valores no resultaron estadísticamente significativos.

Cuadro 16. Riqueza promediada del total de los cuadros chicos en los cuadros grandes y por periodos

Potreros	Periodos	Riqueza por cuadrante	Riqueza por potrero
1	1	1.6	2.65
	2	3.7	
2	1	4	3.65
	2	3.3	
3	1	5.1	4.8
	2	4.5	
4	1	4.4	5.05
	2	5.7	

Fuente: Elaboración propia

La riqueza por cuadrante chico generada fue baja, las especies encontradas en los dos períodos por cada potrero fueron promediadas y se obtuvieron los siguientes datos

mostrados en el cuadro 16: en el potrero 1 se promediaron; 2.65 especies del total de los 20 cuadros muestreados, en el potrero 2; 3.65, en el 3; 4.8 y en el 4; 5.05. En general el potrero 4 registró el promedio más alto de riqueza mientras que el nivel más bajo se registró en el potrero 1.

9.3. Acacias en potreros

Uno de los géneros de Fabaceae (tanto en su forma arbórea como arbustiva) que mayor presencia tuvo dentro de los potreros es la *Acacia*, la cual muchas veces era referida solo como huizache presentándose en forma de árbol y arbusto. A pesar de esto fue posible identificar diferentes especies de acacia, estas fueron la *A. farnesiana*, *A. coulteri* y *A. constricta*. Sin embargo, esta familia era considerada por algunos productores como maleza, debido al difícil manejo que presenta por sus espinas.

En cuanto al registro de los árboles y arbustos se tomaron en cuenta ambos, contabilizando todas las acacias, ya que en ocasiones era difícil distinguir entre las distintas especies pues eran pequeñas y no tenían floración. El número de individuos que se obtuvo en los dos cuadros previamente establecidos en cada potrero se pueden observar en el cuadro 17.

Cuadro 17. Acacias por potrero

Potrero	Periodos	Riqueza de acacias
1	1	144
1	2	96
2	1	157
2	2	148
3	1	130
3	2	127
4	1	149
4	2	126

Fuente: Elaboración propia.

De forma general se observa una disminución de las *Acacias* en todos los potreros, sin embargo en el potrero 1 es en donde se registró un descenso de forma abrupta pasando de 144 individuos a 96. En los demás potreros también se registra una disminución sin embargo no fue tan abrupta como en el primero. El potrero que mantuvo la riqueza más alta

durante los dos periodos fue el número 2 con 157 individuos en el primero y 148 en el segundo, la más baja durante el primer período se presentó en el potrero 3 con 130 individuos y el potrero 1 tuvo la más baja en el segundo período con 96 individuos.

Además del conteo de las *Acacias* en sus formas arbóreas como arbustivas también se registraron otras especies las cuales fueron escasas, dispersas y aisladas. Dentro de las especies arbóreas que se encontraron se encuentran: *Bursera sp*, *Ceiba sp*, *Pithecellobium dulce*, *Psidium guajava*, *Guazuma ulmifolia*, *Inga vera*, *Crescentia alata*, *Clethra mexicana*, *Acacia gregii*, *Triodani spp.*, *Spondia purpurea*, *Gliricidia sepium*, *Myrcianthes fragans*, *Senna hirsuta* y *Spondias purpurea*. Y de las especies arbustivas encontradas están: *Stachys globosa*, *Chicatana enterobium*, *Mimosa albida*, *Senna hirsuta*, *Buddlejaamienecina*, *Opuntia spp*, *Aspicarpiahirtella*, *Martynia annua*, entre otras no identificadas.

9.4. Manejo de los potreros.

El manejo de los potrero es una característica que puede ayudar a comprender del porque existen tales niveles de diversidad dentro de los potreros o también la forma de los paisajes en la zona.

De las visitas a campo y las pláticas directas con los productores o los vaqueros se pudo conocer que la mayoría de los árboles presentes en estos eran utilizados como cercas vivas. En todos los potreros existen muy pocos árboles dentro de estos, la mayoría son muy jóvenes por lo que la espesura de sus copas no es muy abundante y se encuentran distribuidos de manera dispersa y aislada; en los potreros 1 y 4 solo se encontró una *Ceiba sp* (Familia Bombacaceae) en cada uno, las cuales contaban con un diámetro en su copa de aproximadamente 7 y 8 m, pudiendo observar que la sombra brindada por los árboles permitía a las vacas descansar y a la vez escapar de los rayos del sol en las tardes.

Otros usos registrados de los árboles fueron que: el productor del potrero uno, el cual contaba con *G. ulmifolia*, cortó el dosel de los árboles que se encontraban como linderos,

dejando solo los troncos y utilizó la madera restante como leña; el productor del potrero dos, reportó el uso de forma experimental de *G. ulmifolia* ya que observó el gusto del ganado por este árbol pues las vacas se estiraban para alcanzar sus ramas; por último, el productor del potrero 3 al inicio del muestreo realizó el aclareo del terreno eliminando por completo todos los huizaches de una zona, para después quemarlos y así continuar con la siembra de pasto estrella.

Solo en el potrero 2 se registró alguna forma de utilización de las especies vegetales como alimento para el ganado. En todos los potreros se realiza la quema del pasto en la época de sequía para un mejor rebrote en temporada de lluvias según informaron los productores.

En cuanto a las formas de pastoreo que acostumbran realizar los señores, se pudieron identificar a dos: el rotacional y el continuo. El primer tipo solo se presentó en el potrero 1 y el segundo estuvo presente en los demás. En el caso del potrero 1 el terreno estaba dividido en 4 áreas, 3 para el pastoreo en donde se rotaba al ganado según sus necesidades de alimentación que eran observadas por los ganaderos o vaqueros, además de que en el área sobrante era utilizada para estabular a las crías y para la ordeña de las vacas. En el caso del pastoreo continuo, el ganado pastaba de forma extensiva desplazándose libremente por los terrenos, los cuales tenían pendientes muy pronunciadas.

10. DISCUSIÓN

Del análisis obtenido por el paquete minitab v.14 (2004), los resultados indican que no hubo alguna variación estadísticamente significativa ya sea por periodo y por potrero, mostrando que en ambos periodos las condiciones presentes de vegetación son similares, y además, todos los potreros se encuentran en las mismas condiciones.

Los resultados de este estudio muestran el deterioro de la biodiversidad existente dentro de los potreros. Los índices de Shannon resultantes por periodo, no presentaron alguna variación significativa. Esta similitud de valores también se pudo apreciar en los resultados por potrero, los cuales tampoco presentaron alguna variación que indique algún cambio importante en la diversidad de especies.

Pla (2006), menciona que este índice mide el grado de incertidumbre que está asociado a la selección de un individuo de la comunidad, por lo cual, si se toma un individuo al azar en donde la comunidad de especies es muy homogénea (como es el caso de los potreros), el grado de incertidumbre será más bajo que si todas las especies fueran igualmente abundantes.

De acuerdo a Magurran (2004), la diversidad máxima (H_{max}) que podría ocurrir en los periodos, se encontró en una situación donde todas las especies tuvieran igual abundancia, obteniendo para Junio 3.58 y para Noviembre 3.71. Sin embargo, al comparar estas posibles máximas diversidades con los resultados que en un principio se obtuvieron (los cuales fueron: para Junio 1.783 y para noviembre 1.607), se puede observar la baja diversidad de especies que tienen los potreros en los distintos periodos. De igual forma esta baja diversidad también se presentó al comparar los valores por potrero.

Margalef (1972, citado por Magurran, 2004), indica los valores obtenidos del índice de Shannon a partir de datos empíricos, usualmente se encuentran entre 1.5 y 3.5 y raramente sobrepasan de 4. Con lo cual se vuelve a comprobar la homogeneidad que existe por periodos y entre potreros, pues el valor promedio obtenido por periodos que es de 1.695, el

cual se encuentra cercano al valor más bajo indicado por Margalef, significando la disminución en el grado de incertidumbre.

En cuanto al índice de dominancia de Simpson no presentó valores significativos ya sea por periodo y por potrero. Este índice está basado en la dominancia y representa la probabilidad de que dos individuos tomados al azar sean de la misma especie (Moreno, 2001). Sin embargo, a pesar de que los cambios no fueron significativos, si existió una variación en la dominancia para el periodo de Noviembre, aumentando 0.1153 con respecto a Junio y la especie que dominó en ambos periodos fue el *C. plectostachyus*.

Al realizar la conversión de valores de D a $1-D$, se concluyó que el periodo de Junio (0.7694) fue un poco más diverso con respecto al de Noviembre (0.6541), lo cual fue debido a que la dominancia de una especie fue menor para este periodo (ver Cuadro 15). El potrero que presentó la mayor dominancia con respecto a los demás fue el 3, en el cual la especie que domino fue, el *C. plectostachyus*. Sin embargo cabe recalcar que en los potreros 2 y 4 también esta especie dominó y en el potrero 3 la especie dominante fue *A. compressus*.

De los datos de frecuencia y abundancia obtenidos se observa que la variación en la frecuencia varía de tal forma que en algunos casos la abundancia sea mayor que la frecuencia y viceversa, esto es debido a que puede que una especie esté presente en todos los cuadros muestreados; sin embargo, esta especie solo puede presentar un individuo en cada cuadro muestreado.

La medición de la abundancia relativa de cada especie, permite identificar a aquellas especies en la comunidad que debido a su escasez son más sensibles a las perturbaciones ambientales, además de que también permite identificar cambios en la diversidad (ya sea en el número de las especies, en la distribución de la abundancia de las especies o en la dominancia), nos alerta acerca de procesos empobrecedores, los cuales pueden presentarse a través de la pérdida de flora o fauna en un ecosistema (Magurran, 1989).

Dado que la abundancia refiere a la cantidad o tamaño de las poblaciones (Smith y Smith, 2001), esta también forma parte en el cálculo de los índices de Shannon y Simpson, por lo cual para poder conocer que especie por potrero contaba con un valor significativo con respecto a otros individuos, las tablas mostradas en los resultados se ordenaron de acuerdo al valor máximo de abundancia relativa y se consideraron como especies abundantes, aquellas que sobrepasaron el 10 % de abundancia relativa.

También cabe mencionar que en ocasiones al realizar el conteo de individuos en cada cuadro chico, era posible encontrar que los cuadros contarán con escasa cobertura vegetal teniendo solo tierra y piedras.

De manera general las especies que tuvieron los valores más altos en abundancia relativa estuvieron representadas por *C. plectostachyus*, *A. compressus*, *Aeschynomene* spp., *Bidens* sp., *B. odorata*, *I. orizabensis*, *T. remotifolia*, *Tagetes* spp y *Pennisetum* sp., observándose que los pastos eran los que abundaban tanto a nivel estadístico como paisajístico.

Con respecto a las especies que homogenizaron cada potrero se tiene que para el potrero 1 en el periodo 1 la especie que más abundó fue *A. compressus*. Sin embargo, se observa que para el segundo periodo *A. compressus* fue desplazada drásticamente por el *C. plectostachyus* lo cual pudo deberse al cambio de siembra de pasturas que realizan los ganaderos, pues la siembra del *C. plectostachyus* continua para poder mejorar los forrajes en los potreros. Las actividades de resiembra de pastos y/o arbustivas forrajeras y el control de matorrales son recomendadas para mejorar las condiciones de los potreros y disminuir la invasión y desarrollo de especies tóxicas (Pijoan y Chávez, s/f). Otro pasto existente en este potrero fue la *B. brizantha*, el cual fue abundante durante el primer periodo; sin embargo, ya no se presentó durante el segundo. Además de estas, la Asteraceae y la *Aeschynomene* spp. fueron abundantes.

Para el potrero 2, el *C. plectostachyus* fue la especie más abundante durante el primer periodo seguido por la *Aeschynomene* spp., *I. orizabensis* y la *A. compressus*; sin embargo, esta última fue desplazada al igual que en el potrero 1, por el *C. plectostachyus* para el

segundo periodo volviéndola muy escasa. Otra especie que se presentó en el primer periodo y aumento su abundancia relativa para el segundo, fue la *Aeschynomene spp.* Las gramíneas que crecen de forma agresiva, ya sean exóticas como nativas, causan un desplazamiento paulatino de la flora local, esto debido a que el hábitat ha sido modificado ya sea por la tala, la agricultura y la ganadería extensiva (Romeu, 1999)

En el potrero 3 la especie que más abundo y se presentó más frecuentemente durante ambos periodos fue el *C. plectostachyus*. Otras de las especies que también fueron abundantes durante ambos periodos son: *B. odorata*, *Aeschynomene spp.* y *Tagetes spp.* En este potrero otro pasto existente fue el *A. compressus*; sin embargo su abundancia fue muy escasa.

Por último, en el potrero 4, el *C. plectostachyus* fue la especie más abundante y frecuente durante ambos periodos, aunque en este caso, fue la única especie de pasto presente en este potrero. Otras especies abundantes fueron: *Aeschynomene spp.* y *Bidens sp.*

De los resultados obtenidos se puede apreciar que el *C. plectostachyus* fue la especie más abundante en todos los potreros, en cada uno ésta aumentaba su abundancia desplazando a otras especies como ocurrió en el potrero uno en donde la *A. compressus* fue desplazada drásticamente, pasando a ser una especie que dominaba en el primer periodo a una especie escasa durante el segundo. Otra especie que siempre se encontraba presente y abundante en todos los potreros fue la *Aeschynomene spp.* de la cual se encontraron diferentes especies durante el segundo periodo como fueron la: *A. americana*, *A. scabra* y *A. rudis*.

El manejo que se tiene sobre estos pastos conlleva a su quema en temporada de sequías, pues la costumbre de los pobladores es quemar los pastos para que en temporadas de lluvias reverdezca mejor. Este reverdecimiento de los pastos puede ser debido a que son provenientes de la sabana africana y el fuego forma parte de su ciclo natural (Ortiz, 2010). El favorecimiento por los incendios se debe a que hay especies que presentan adaptaciones a este y sus semillas requieren de fuego para poder germinar, además de que la forma de hábito amacollado y el crecimiento leñoso puede representar, en unos casos de pastos, estrategias de adaptación para enfrentar al fuego (Romeu, 1999)

De las familias que tuvieron una abundancia considerable fueron las Asteraceae y Fabaceae. Esta abundancia de especies se da debido a que las plantas anuales producen un gran número de semillas y por lo tanto de individuos jóvenes (Smith y Smith, 2001). Las Asteraceae son especies características de zonas con disturbios intensos (Rzedowski, 1978). Canizales *et al.* (2010), reportó en un estudio similar que de igual forma las Asteraceae y Fabaceae fueron las familias predominantes en su estudio, reportando 20 especies para la primera y 24 para la segunda. Figueroa-Medina *et al.* (2013) en un estudio de diversidad en potreros en Tejupilco con similares condiciones a este estudio, reportó 98 especies de plantas superiores, pertenecientes a 30 familias y 76 géneros, las familias mejor representadas en el número de especies fueron las Asteraceae (19), Poaceae (18), Fabaceae (6) y Cyperaceae (6), las cuales constituyen 50% de todas las especies registradas en los pastizales, por lo que las familias más comunes en este tipo de sistemas son Asteraceae, Poaceae y Fabaceae.

Las disminuciones o mantenimiento de algunas especies, son debidas al manejo que le dan los ganaderos a los potreros, en el caso de las acacias (en su forma arbustiva generalmente), estas son cortadas para poder abrir áreas que sean aprovechables en la siembra de pasto *C. plectostachyus* principalmente. El aclareo con machete además de la utilización de herbicidas son prácticas que se realizan con frecuencia en los potreros para la eliminación de malezas en los pastizales, actividades que pueden dañar el mantenimiento de la biodiversidad pues pueden agotar rápidamente el banco de semillas de especies leñosas así como el rebrote de tocones y raíces de otras especies (Uhl *et al.*, 1988). La sombra que pueden generar los arbustos puede afectar la producción de pasto. Guevara *et al.* (1994), mencionan que el *C. plectostachyus* es una especie sensible a la sombra, ya que su presencia bajo la copa de árboles en estudio es mínima o nula, sucediendo lo mismo cuando la cobertura de arbustos aumenta en los pastizales, además, la forma selectiva de forrajeo del ganado influye en la composición florística de los potreros, ya que algunas no son palatables para estos pues pueden tener espinas o latex disuasivo.

En la ganadería extensiva el ganado esta propenso al consumo de especies dañinas; sin embargo, no tiende a consumirlas a menos que este forzado a consumirlas por el hambre, lo

cual es más recurrente en regiones áridas y semiáridas sometidas al sobrepastoreo. Sin embargo, una forma de prevenir la intoxicación por plantas es la correcta utilización de los potreros evitando el sobrepastoreo además de ofrecer una alta diversidad de forrajes (Pijoan y Chávez, s/f).

Algunas de las especies encontradas en los potreros que son referidas por Gonzales (1989), Avendaño y Flores (1999), Vibrans (2009, 2010) y Pijoan y Chávez (s/f) como tóxicas para el ganado, están: Convolvulaceae *Ipomea orizabensis*, Oxalidaceae *Oxalis spp*, Caesalpiniaceae *Senna obtusifolia*, Euphorbiaceae *Euphorbia hirta*, Rosaceae *sp.*, Solanaceae *Solanum lanceolatum*, Fabaceae *Senna sp.*, Amaranthaceae *Amaranthus spinosus*, Asteraceae *Haploppapu sspinulosus* (para más información véase el anexo 2). Cabe mencionar que se debe ser cauteloso al considerar una especie tóxica, pues para que una planta actúe como tal depende de factores como el clima (temperatura y precipitación) y la edafología de la zona en donde se desarrolla, o bien, de las estrategias desarrolladas para sobrevivir ante la competencia con otras especies vegetales o por el ataque de depredadores (Avendaño y Flores, 1999).

De los árboles encontrados en los potreros estos son utilizados principalmente como cercas vivas o como cortinas rompevientos, siendo muy escasos los que se encontraban dispersos dentro de los potreros. Ningún productor consideraba a los árboles como una alternativa para disminuir el estrés calórico en las vacas, pues en algunos casos como en el potrero uno, el dosel de los árboles era cortado para la utilización de leña y su protección, ya que comentaban que en algunas ocasiones caían alacranes de las ramas sobre las personas. Harvey *et al.* (s/f) a partir de estudiar cuatro agropaisajes ganaderos en América Central reportan que el uso de cercas vivas en estos fue común (con una media de casi 20 cercas por finca), los principales roles productivos de estas cercas fueron los de dividir las pasturas y actuar como barreras para el movimiento de los animales, además de que también sirvieron como fuentes de forraje, leña madera y frutos. Al sur del Estado de México Olivares-Perez *et al.* (2011), citan ocho diferentes usos que tienen los árboles en esa zona, siendo utilizados como: leña, poste, sombra, cerca viva, medicina, consumo humano, artesanal y maderable. Otra de las ventajas en la utilización de estas cercas es que su

establecimiento es más barato que establecer cercas convencionales de postes de madera muerta (Romero *et al.*, 1993. Citado por Harvey *et al.*, s/f)

Muchos de los árboles que se encontraron en los potreros tienen el potencial de ser utilizados como alimentos forrajeros complementarios además de su ya actual uso como cercas vivas. Los árboles que presentan esta característica son (Carranza-Montaña *et al.*, 2003; Couttolenc-Brenis *et al.*, 2005; Olivarez-Perez *et al.*, 2011; Palma, 2005; y, Sánchez *et al.*, 2005): *Pithecellobium dulce*, *A. farnesiana*, *Guazuma ulmifolia*, *Crescentia alata* y *Spondias purpurea*.

El fin multipropósito que logran alcanzar los árboles, puede ayudar a los productores a diversificar la alimentación tanto del ganado como para ellos, así como sus actividades productivas a través de la comercialización de distintas frutas como pueden ser la guayaba, el mango o el arrayán, especies de temporada que se distribuyen localmente en el tianguis de la localidad. Datos del IGECEM (2005, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 y 2012) reportan que el mango y la guayaba son especies producidas en la región y representan una importante actividad económica.

Cuadro 18. Principales cultivos perennes

	2004	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Superficie sembrada (hectárea)	12	16	8	-	8	8	8
Guayaba	2	6	1	-	1	1	1
Mango	10	10	7	-	7	7	7
Producción anual obtenida (tonelada)	60	104	45	-	59	59	59
Guayaba	20	44	10	-	10	10	10
Mango	40	60	35	-	49	49	49

Fuente: Elaboración propia con datos del IGECEM (2005, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 y 2012)

El cuadro 18 muestra la disminución de superficie sembrada así como de producción anual obtenida, ya sea tanto de guayaba como de mango, mostrando así también el potencial que se tiene en la producción de estas frutas ya que el municipio llegó a alcanzar hasta 104 toneladas anuales. En cuanto a la superficie sembrada de árboles frutales que más disminuyó fue la de la guayaba pasando de 6 has en el 2006 a solo 1 ha en el 2007, manteniéndose así hasta el 2012; en cuanto al mango, este pasó de 10 ha en el 2006 a 7 ha para el 2007 manteniendo esta cifra (de igual forma que la guayaba) hasta el 2012. La

disminución total de superficie sembrada fue del 50%, y por consiguiente la disminución en la producción anual obtenida también disminuyó en un 43.26%.

Esta disminución en superficie sembrada de árboles frutales puede deberse a los datos registrados en la tabla 5, los cuales muestran un aumento del 128.51% de la superficie total sembrada de las cuales el 80.19% es superficie destinada a cultivos forrajeros (avena y maíz), aunque la superficie total sembrada máxima de árboles frutales (16 ha) no es comparable con la destinada para cultivos forrajeros (1,326 ha).

A pesar de la disminución en las áreas destinadas a la producción de árboles frutales, se puede apreciar el potencial de la zona para producir otro tipo de productos forestales con un buen rendimiento, retomando así la cultura silvícola que se tenía o tiene, para poder desarrollar sistemas agrosilvopastoriles que puedan diversificar tanto el ecosistema como la producción generando un beneficio ecológico como económico, ya sea para el productor como para la región.

La reestructuración de un sector como este no solo conlleva una asistencia técnica que pueda mejorar el aprovechamiento de los recursos disponibles y la capacitación hacia los productores. También es necesaria la aplicación de las leyes que permitan: producir sin dañar el medio ambiente; y vincular a los productores, académicos y funcionarios para influir en los tomadores de decisiones (Chauvet, 1997).

Existen en México leyes tanto a nivel federal como estatal que comparten el objetivo de fomentar el cuidado y conservación de los recursos naturales, algunos ejemplos son la LGEEPA, la Ley Agraria, el Código de Biodiversidad del Estado de México (2005), Ley de Protección al Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Estado de México. Sin embargo, muchas veces la aplicación de los programas y leyes se realizan cuando ya se han producido los daños y las políticas se centran más en la mitigación y restauración que en la prevención y protección (Steinfeld *et al.*, 2009).

Actualmente uno de los estímulos gubernamentales que pueden ayudar en la restauración o mantenimiento de los recursos naturales es el Programa de Producción Pecuaria Sustentable y Ordenamiento Ganadero y Apícola (o nuevo PROGAN), que estimula el cuidado y mejoramiento de los recursos naturales de las áreas ganaderas (SAGARPA, 2011). Con lo cual se busca proteger, revegetar o reforestar las áreas ganaderas (encontradas en el trópico seco) a través de distintas especies como: *Guazuma ulmifolia*, *Casuarina equisetifolia*, *Leucaena esculenta*, *Ficus* spp., *Salvia* spp., *Byrsonima crassifolia*, entre otras.

11. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

11.1. Conclusiones

- La biodiversidad en la vegetación que se presentó en los potreros fue baja estadísticamente, sin embargo, se encontraron especies que no son utilizadas para la alimentación del ganado y que tienen el potencial de ser utilizadas como forrajeras, por lo cual, aunque se tenga una baja biodiversidad es posible utilizar e introducir especies nativas al agroecosistema que ayuden a diversificar la alimentación del ganado.
- Las principales especies presentes en los potreros pertenecen a familias tales como Poaceae, Fabaceae, Asteraceae y Convolvulaceae. La especie que mayormente abunda, homogeniza y domina los potreros (ya sea por periodo o potrero) es el *C. plectostachyus*. Gramínea que es muy importante para la alimentación del ganado pues la dieta de los animales en estos potreros esta basada principalmente en pastos, los cuales son cultivados intencionalmente por los dueños de los potreros; sin embargo, dado su ciclo de vida, es muy abundante en época de lluvias pero escasa en época de sequias. Esta es una especie introducida de África por lo que es considerada una especie exótica, la cual tiene repercusiones directas en el desplazamiento de otras especies nativas, disminuyendo así la biodiversidad local de la región. Entre las especies nativas abundantes se encuentran la *Aeschynomene americana*, *A. scabra*, *Bidens odorata*, *Ipomea orizabensis* y *Tagetes remotifolia*, especies que aunque no son consideradas forrajeras si pueden ser consumidas accidentalmente por el ganado, proporcionándole una mayor variabilidad en su alimentación o algún daño debido a su consumo según sea el caso. Por ejemplo la *I. orizabensis* es considerada toxica para el ganado. Cabe destacar también que las *Aeschynomenes* son especies leguminosas que ayudan en la fijación de nitrógeno en el suelo, con lo que su presencia no solo puede influir en la alimentación del ganado sino también en una conservación o mantenimiento del recurso suelo.

- Dentro de los potreros crecen especies arbóreas que pueden utilizarse para fines forrajeros, con lo cual se puede considerar que los terrenos tienen el potencial para el desarrollo de este tipo de especies pudiéndose establecer de una manera más técnica a través de sistemas silvopastoriles, esto ya sea utilizando especies ya existentes dentro de los potreros o con la introducción de especies nativas nuevas. Un árbol nativo con una alta presencia dentro de los potreros y que es considerado como maleza, es el huizache, el cual por ser una leguminosa ayuda en la fijación de nitrógeno sobre los suelos permitiendo así el mantenimiento y su conservación de estos, además de que también es considerado una buena especie para la restauración de ecosistemas.

- Los resultados que se obtuvieron a través de los índices de Shannon – Weiner y Simpson indican el deterioro que presentan los potreros y la dominancia que tiene el *C. plectostachyus* sobre estos desplazando a las demás especies. De igual forma en los resultados obtenidos por periodo también se mostró la dominancia de esta gramínea y por lo tanto niveles bajos de diversidad. En cuanto a la riqueza por periodo se observó que no hubo grandes cambios entre el primero (36 especies) y segundo (41 especies) ya que se mantuvieron de manera general las mismas especies comprobando la homogeneidad que se obtuvo con los índices. Sin embargo, si hubo una disminución en cuanto a la cantidad de individuos presentes por periodo ya que en el primer periodo hubo una mayor cantidad con respecto al segundo, lo cual puede estar relacionado a las condiciones climáticas pues el primer muestreo se realizó al inicio de la temporada de lluvias y el segundo al finalizar. No se pudo realizar una comparación directa con el ecosistema de selva baja caducifolia pero en estudios similares realizados en potreros de otra región del mismo estado se registró una mayor riqueza en comparación a los estudiados indicándonos su grave deterioro.

- Los productores necesitan apoyo técnico y capacitación para poder afrontar los problemas de alimentación del ganado en época de sequía, pues muchas veces se cuenta con pocos recursos económicos para poder dar suplementos alimenticios en ésta época. Este apoyo puede estar enfocado en dar a conocer las alternativas de alimentación del

ganado con especies leñosas y técnicas de ensilamiento de forraje, con lo cual se ayudaría a mejorar tanto sus terrenos como la producción de forraje a través de la diversificación de estos, ya que están conscientes de que los cambios climáticos les afectan directamente, pues en los últimos años las lluvias han tardado en llegar, siendo escasas y por lo cual el pasto tarda en brotar.

11.2. Sugerencias

- Debido a las actividades agropecuarias presentes en la región se propone la realización de un vivero regional o local, en donde se puedan producir especies nativas con fines forrajeros, pudiendo generar vínculos entre instituciones educativas, gubernamentales o privadas, de tal forma que las actividades de identificación de las especies puedan ser financiadas por otras instituciones.
- Realizar pláticas informativas dirigidas a los productores, que den a conocer especies vegetales benéficas y/o perjudiciales para el ganado presentes en sus terrenos o potreros y de informar sobre la importancia de mantener los árboles en sus terrenos pues estos pueden ayudar en el mantenimiento de los ecosistemas. Además de asesoría técnica que les permita llevar a cabo un manejo integral de los recursos naturales con tendencias a la restauración del sistema y la conservación del mismo.

ANEXO 1. Cuadros de frecuencia y abundancia relativa por períodos

Cuadro 1.a. Frecuencia y abundancia relativa del primer período

Familia	Especies	Frecuencia	Abundancia Relativa %
Poaceae	<i>Cynodon plectostachyus</i>	0.6750	36.1494
Asteraceae	<i>Bidens sp</i>	0.4375	18.5394
Fabaceae	<i>Aeschynomene spp</i>	0.8375	16.9627
Poaceae	<i>Axonopus compressus</i>	0.3125	6.7718
Convolvaceae	<i>Ipomea orizabensis</i>	0.1875	3.4191
Poaceae	<i>Brachiaria brizantha</i>	0.1250	2.6058
Oxalidaceae	<i>Oxalis spp</i>	0.1500	2.5560
Asteraceae	<i>Cosmos sp</i>	0.0625	2.1079
Convolvulaceae	<i>Ipomea pubescens</i>	0.2625	1.9253
No identificada 7		0.0125	1.9087
No identificada 20		0.0250	1.8091
Poaceae	<i>Poa sp</i>	0.0250	0.8963
No identificada 21		0.0500	0.8133
Leguminosae	<i>Desmodium sp</i>	0.1250	0.5975
No identificada 1		0.0250	0.4481
No identificada 7		0.0125	0.3320
No identificada 14		0.0375	0.3154
No identificada 4		0.0375	0.2490
No identificada 2		0.0375	0.1992
Asteraceae	<i>Porophyllum ruderate</i>	0.0125	0.1660
Cyperaceae	<i>Cyperus mutisii</i>	0.0250	0.1494
No identificada 15		0.0125	0.1494
No identificada 8		0.0125	0.1328
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia hirta</i>	0.0250	0.0996
Convolvulaceae	<i>spp</i>	0.0500	0.0830
No identificada 11		0.0125	0.0830
Cucurbitaceae	<i>Sicyos sp</i>	0.0250	0.0664
No identificada 9		0.0125	0.0664
No identificada 16		0.0125	0.0664
No identificada 17		0.0125	0.0664
Rosaceae	<i>sp</i>	0.0125	0.0498
No identificada 1		0.0250	0.0498
Malvaceae	<i>Anoda cristata</i>	0.0125	0.0332
No identificada 18		0.0125	0.0332
Asteraceae	<i>spp 2</i>	0.0125	0.0332
Solanaceae	<i>Solanum lanceolatum</i>	0.0125	0.0166
No identificada 5		0.0125	0.0166
No identificada 10		0.0125	0.0166
No identificada 9		0.0125	0.0166

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 1.b. Frecuencia y abundancia relativa del segundo período

Familia	Especies	Frecuencia	Abundancia Relativa %
Poaceae	<i>Cynodon plectostachyus</i>	0.7500	57.4928
Fabaceae	<i>Aeschynomene spp</i>	0.2500	14.91354
Asteraceae	<i>Tagetes remotifolia</i>	0.2750	4.538905
Asteraceae	<i>sp 1</i>	0.0125	3.962536
Poaceae	<i>Pennisetum setosum</i>	0.1625	3.458213
Asteraceae	<i>Simsia spp</i>	0.0625	1.801153
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i>	0.0875	1.657061
Convolvulaceae	<i>Ipomea orizabensis</i>	0.0500	1.008646
No identificada 3		0.0250	1.008646
Fabaceae	<i>Dalea leporina</i>	0.0375	0.936599
No identificada 4		0.0125	0.936599
Convolvulaceae	<i>Ipomea pubescens</i>	0.0500	0.864553
Asteraceae	<i>spp. 3</i>	0.0625	0.864553
Asteraceae	<i>spp. 4</i>	0.0500	0.792507
Fabaceae	<i>Dalea verisicolor</i>	0.0250	0.720461
Malvaceae	<i>Anoda cristala</i>	0.0375	0.576369
Poaceae	<i>Axonopus compressus</i>	0.0250	0.504323
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia hirta</i>	0.0250	0.360231
No identificada 23		0.0125	0.360231
Rubeaceae	<i>Barrena vertiallata</i>	0.0250	0.288184
No identificada 22		0.0125	0.288184
Asteraceae	<i>Bidens spp</i>	0.0250	0.216138
Fabaceae	<i>Senna sp.</i>	0.0375	0.216138
Fabaceae	<i>sp 1</i>	0.0125	0.216138
Amaranthaceae	<i>Amaranthus spinosus L.</i>	0.0250	0.144092
Buddlejaceae	<i>Buddleja americana</i>	0.0250	0.144092
Fabaceae	<i>Canavalia villosa</i>	0.0250	0.144092
No identificada 5		0.0125	0.144092
No identificada 11		0.0125	0.144092
No identificada 3		0.0125	0.144092
Cucurbitaceae	<i>Sicyos sp</i>	0.0125	0.144092
No identificada 24		0.0250	0.144092
Asteraceae	<i>Sanuitalia procumbens Lam.</i>	0.0125	0.072046
Asteraceae	<i>Haploppapus spinulosus</i>	0.0125	0.072046
Leguminosae	<i>Desmodium sp</i>	0.0125	0.072046
Malvaceae	<i>Rhynchosida physocalyx</i>	0.0125	0.072046
Mimosaidae	<i>Mimosa albida</i>	0.0125	0.072046
Rosaceae	<i>sp</i>	0.0125	0.072046
Solanaceae	<i>Solanum sp</i>	0.0125	0.072046
No identificada 6		0.0125	0.072046
No identificada 4		0.0125	0.072046
No identificada 12		0.0125	0.072046
No identificada 19		0.0125	0.072046
Fabaceae	<i>spp 2</i>	0.0125	0.072046

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 2. Frecuencia y abundancia relativa del potrero 1 por períodos

Familia	Especies	Periodo 1		Periodo 2	
		Frecuencia	Abundancia relativa %	Frecuencia	Abundancia relativa %
Poaceae	<i>Axonopus compressus</i>	0.45	32.04		
Poaceae	<i>Bracharia brizantha sp</i>	0.50	20.96		
Fabaceae	<i>Aeschynomene spp</i>	0.60	16.28	0.40	8.83
Poaceae	<i>Cynodon plectostachyus</i>	0.10	9.87	0.95	42.75
Convolvulaceae	<i>Ipomea pubescens</i>	0.35	8.27	0.05	0.35
Poaceae	<i>Poa sp</i>	0.10	7.20		
No identificada 1		0.10	3.60		
No identificada 2		0.15	1.60		
Convolvulaceae	<i>Ipomea orizabensis</i>	0.05	0.13		
Asteraceae	<i>sp 1</i>			0.05	19.43
Asteraceae	<i>Simsia spp</i>			0.25	8.83
No identificada 3				0.10	4.94
Fabaceae	<i>Dalia leporina</i>			0.15	4.59
No identificada 4				0.05	4.59
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i>			0.10	3.18
No identificada 5				0.05	0.70
Amarantaceae	<i>Amaranthus spinosus L.</i>			0.05	0.35
Fabaceae	<i>Canavalia villosa</i>			0.05	0.35
Mimosaidae	<i>Mimosa albida</i>			0.05	0.35
Malvaceae	<i>Rhynchosida physocalyx</i>			0.05	0.35
No identificada 6				0.05	0.35

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 3. Frecuencia y abundancia relativa del potrero 2 por periodos

Familia	Especies	Periodo 1		Periodo 2	
		Frecuencia	Abundancia relativa %	Frecuencia	Abundancia relativa %
Poaceae	<i>Cynodon plectostachyus</i>	0.60	40.47	0.20	65.90
Fabaceae	<i>Aeschynomene spp</i>	1.00	17.67	0.35	22.12
Poaceae	<i>Axonopus compressus</i>	0.80	15.63	0.10	1.08
Convolvulaceae	<i>Ipomea orizabensis</i>	0.25	15.26	0.10	1.23
Asteraceae	<i>Biden ssp</i>	0.30	2.51	0.05	0.31
Oxalidaceae	<i>Oxalis sp</i>	0.15	2.23		
No identificada 7		0.05	1.86		
Convolvulaceae	<i>Ipomea pubescens</i>	0.05	1.12		
Asteraceae	<i>Porophyllum ruderate</i>	0.05	0.93		
No identificada 8		0.05	0.74		
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia hirta</i>	0.10	0.56	0.05	0.15
Convolvulaceae	<i>sp</i>	0.20	0.47		
No identificada 9		0.05	0.37		
No identificada 5		0.05	0.09		
No identificada 10		0.05	0.09		
Poaceae	<i>Pennisetum setosum</i>			0.40	5.84
Asteraceae	<i>Tagetes remotifolia</i>			0.25	2.30
No identificada 11				0.05	0.31
No identificada 3				0.05	0.31
Leguminosaedae	<i>Desmodium sp</i>			0.05	0.15
No identificada 4				0.05	0.15
No identificada 12				0.05	0.15

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4. Frecuencia y abundancia relativa del potrero 3 por periodos

Familia	Especies	Periodo 1		Periodo 2	
		Frecuencia	Abundancia relativa %	Frecuencia	Abundancia relativa %
Poaceae	<i>Cynodon plectostachyus</i>	1.00	40.59	0.95	68.54
Asteraceae	<i>Bidens spp</i>	0.65	31.47	0.05	0.46
Fabaceae	<i>Aeschynomene spp</i>	0.75	11.87		
Oxalidaceae	<i>Oxalis spp</i>	0.30	4.97		
No identificada 13		0.05	4.80		
Asteraceae	<i>Cosmos sp</i>	0.15	1.04		
Convolvulaceae	<i>Ipomea orizabensis</i>	0.30	1.04		
No identificada 14		0.15	0.79		
No identificada 4		0.15	0.62		
Leguminosae	<i>Desmodium sp</i>	0.15	0.58		
Cyperaceae	<i>Cyperus mutissi</i>	0.10	0.37		
No identificada 15		0.05	0.37		
Convolvulaceae	<i>Ipomea pubescens</i>	0.05	0.20	0.05	0.93
No identificada 11		0.05	0.20		
Cucurbitaceae	<i>Sicyos sp.</i>	0.10	0.16		
No identificada 16		0.05	0.16		
No identificada 17		0.05	0.16		
Rosaceae	<i>sp</i>	0.05	0.12	0.05	0.46
No identificada 1		0.10	0.12		
Malvaceae	<i>Anoda cristata</i>	0.05	0.08		
No identificada 18		0.05	0.08		
Solanaceae	<i>Solanum lanceolatum</i>	0.05	0.04		
No identificada 9		0.05	0.04		
Asteraceae	<i>Tagetes spp</i>			0.60	12.67
Fabaceae	<i>Dalea verisicolor</i>			0.10	4.69
Poaceae	<i>Pennisetum setosum</i>			0.25	4.69
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia hirta</i>			0.05	1.87
Fabaceae	<i>Senna sp.</i>			0.15	1.40
Fabaceae	<i>sp 1</i>			0.05	1.40
Amarantaceae	<i>Amaranthus sanosus</i>			0.05	0.46
Asteraceae	<i>Haploppapus spinulosus</i>			0.05	0.46
Asteraceae	<i>Sanuitalia procumbens</i>			0.05	0.46
Canavalia	<i>Villosa benth</i>			0.05	0.46
Solanaceae	<i>Solanum sp</i>			0.05	0.46
No identificada 19				0.05	0.46

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4. Frecuencia y abundancia relativa del potrero 4 por periodos

Familia	Especies	Periodo 1		Periodo 2	
		Frecuencia	Abundancia relativa	Frecuencia	Abundancia relativa
Poaceae	<i>Cynodon plectostachyus</i>	1.00	38.58	0.90	42.32
Fabaceae	<i>Aeschynomene spp</i>	1.00	23.55	0.25	15.77
Asteraceae	<i>Bidens sp</i>	0.80	18.63		
No identificada 20		0.10	6.03		
Asteraceae	<i>Cosmos sp</i>	0.10	5.64		
No identificada 21		0.20	2.71		
Convolvulaceae	<i>Ipomea pubescens</i>	0.60	2.05	0.10	3.73
Leguminosae	<i>Desmodium sp</i>	0.35	1.22		
Convolvulaceae	<i>Ipomea orizabensis</i>	0.15	0.88	0.10	2.49
Oxalidaceae	<i>Oxalis spp</i>	0.15	0.61		
Asteraceae	<i>spp 2</i>	0.05	0.11		
Asteraceae	<i>Tagetes remotifolia</i>			0.25	8.71
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i>			0.25	5.81
Asteraceae	<i>spp. 3</i>			0.25	4.98
Asteraceae	<i>spp. 4</i>			0.20	4.56
Malvaceae	<i>Anoda cristata</i>			0.15	3.32
No identificada 22				0.05	2.07
No identificada 23				0.05	1.66
Rubeaceae	<i>Barrena vertiallata</i>			0.10	1.66
Cucurbitaceae	<i>Sicyos sp.</i>			0.05	0.83
No identificada 24				0.10	0.83
Buddlejaceae	<i>Buddleja americana</i>			0.10	0.83
Fabaceae	<i>spp 2</i>			0.05	0.41

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 2. Glosario de especies presentes en los potreros de estudio

Convolvulaceae *ipomea orizabensis*.

Según Gonzales (1989), el género *ipomea* puede acumular nitratos, poseer alcaloides alucinógenos y presentar concentraciones variables de glucósidos cianogénicos, pudiendo resultar intoxicados animales monogástricos a consecuencia de grandes cantidades de la planta. En cerdos, los síntomas son diarrea e irritación gastrointestinal de severidad variable.

Oxalidaceae *oxalis spp*

Avendaño y Flores (1999), mencionan que este género son toxicas para el ganado bovino y ovino, provocando cólicos, depresión, coma, muerte y también puede ocasionar daños pulmonares y renales. En Veracruz se presentan algunas especies que han causado problemas al ganado bovino, entre ellas: *Oxalisacuminata Schltldl.* y *Cham.*.

Caesalpiniaceae *senna obtusifolia L.*

Vibrans (2010) menciona que “*puede ser toxico si se consume en grandes cantidades tanto para animales como para humanos.*”

Euphorbiaceae *euphorbia hirta*

Avendaño y Flores (1999), mencionan que por lo general, la mayoría de las especies de este género son tóxicas. “*Todas las partes contienen látex blanco (resinas, glucósidos). La savia es un irritante externo muy severo, puede causar quemaduras, inflamación y vesicamiento, irritación de ojos y ceguera temporal. Internamente puede causar inflamación y quemaduras en la boca y garganta. Algunas especies han causado vómito, diarrea, delirio, choque y muerte. Las semillas también son venenosas. Las plantas son desagradables, esto asegura que no sea pastada por el ganado. Una ingestión prolongada puede causar debilidad, colapso y muerte.*”

Gonzalez (1989), dice que *“los bovinos que han consumido plantas de este género en estado verde muestran debilidad, diarrea excesiva, dolor abdominal y finalmente colapso total y muerte.”*

Vibrans (2009), menciona que esta especie se utiliza como forraje y de manera medicinal

Rosaceae sp.

Avandaño y flores (1999) mencionan algunas especies del genero *Prunus* son toxicas para el ganado provocando *“dificultad para respirar, espasmos, ansiedad, inquietud, pulso débil y rápido, dilatación de pupilas, convulsiones, parálisis total, coma y muerte.”*

Solanaceae solanum lanceolatum

Pijoan y Chavez (s/f) mencionan que *“el principio activo tóxico es un glucoalcaloide, la solanina, la cual se halla presente en el tallo, las hojas y los frutos. La solanina puede producir dos tipos de efectos en el animal envenenado: 1.- Nerviosos, que incluyen: salivación, apatía, mareo, temblores, dificultad en la respiración, debilidad, parálisis, postración y coma. 2.- Gastrointestinales, que incluyen: nausea, dolor abdominal, vómito y diarrea. Estos últimos síntomas, pueden pasar desapercibidos o ser tan severos que oculten los trastornos nerviosos.”*

Avendaño y Flores (1999) mencionan a algunas especies de este género como toxicas, provocando *“excitación y delirio de locura parecidos a la rabia, dilatación de pupilas, incoordinación, aceleración de los movimientos del corazón, latidos débiles, muerte por asfixia, salivación, estomatitis, enteritis de carácter catarral o hemorrágico, vómito, timpanitis, diarrea, depresión nerviosa, conjuntivitis frecuente, narcosis, parálisis.”*

Fabaceae *senna sp.*

Avendaño y Flores (1999) reportan algunas especies de este género como tóxicas ejerciendo sobre el ganado bovino una acción purgante.

Amaranthaceae *amaranthus spinosus*

Avendaño y Flores (1999) mencionan que las especies de este género pueden provocar aborto, irritación gastroentérica, afecciones nerviosas, coma.

Asteraceae *haploppapus spinulosus*

Pijoan y Chavez (s/f) mencionan que las pantas de este género son productoras de tremetol (alcaloide superior extremadamente tóxico) produciendo intoxicaciones en el ganado, las cuales se pueden transmitir al humano a través de la leche de las vacas envenenadas.

Literatura citada.

Aguado S, G. A., García M. E., Velasco G. C. y Flores F. J. L., 1996. *Importancia de los elementos climáticos en la variación florística temporal de pastizales semidesérticos*, Acta Botánica Mexicana. 35:65-81.

Arroyo E., 1999., *Zacazonapan: Monografía Municipal*, México: Instituto Mexiquense de Cultura y Asociación Mexiquense de Cronistas Municipales, A. C.

Ávila-Ramírez, N. A., Ayala-Burgos, A., Gutiérrez Vázquez, E., Herrera Camacho, J., Madrigal-Sánchez X. y Ontiveros-Alvarado S., 2007. *Taxonomía y composición química de la necromasa foliar de las especies arbóreas y arbustivas consumidas durante la época de sequía en la Selva baja caducifolia en el municipio de La Huacana Michoacán, México*, Livestock Research for Rural Development. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd19/6/avil19073.htm> [Consulta 13 mayo de 2010].

Avendaño R. S. y Flores G. J. S., 1999. *Registro de plantas tóxicas para ganado en el estado de Veracruz, México*, Veterinaria México. 30: 79-94.

Bautista-Zúñiga F., 2007. *Información técnica para el desarrollo agropecuario y forestal del estado de Yucatán*, Teoría y Praxis. 4: 149-160.

Bullock J. M., 2006. "Plants" en: Sutherland W. J. (editor), *Ecological Census Techniques, a Handbook*, NY: Cambridge University Press. p. 432

Canizales S. A., Celemin J. S., y Mora-Delgado J., 2010. *Diversidad y uso de arvenses en pasturas de fincas ganaderas del Alto Magdalena (Tolima, Colombia)*, Zootecnia Tropical 28: 427-437.

Carranza-Montaña M. A., Sanchez-Velázquez L. R., Pineda-Lopez M. R. y Cuevas-Guzman R., 2003. *Calidad y potencial forrajero de especies del bosque tropical caducifolio de la sierra de Manantlán, México*, Agrociencia. 37: 203-210.

CATIE Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 2004. *Introducción a los Sistemas Agroforestales*, Ciudad: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza e Instituto Forestal de Oxford.

Chauvet, M., 1997. *La Ganadería Mexicana frente al fin de siglo*, México: Universidad Autónoma Metropolitana, Departamento de Sociología.

Cámara de diputados del Honorable Congreso del Estado de México, "LV" Legislatura, 2005. Código para la Biodiversidad del Estado de México, México. Disponible en: <http://docs.mexico.justia.com/estatales/mexico/codigo-para-la-biodiversidad-del-estado-de-mexico.pdf> [Consultada el 09 de Enero de 2012]

C.C. Diputados Secretarios de la H. LII Legislatura del Estado, 2012. Constitución Política del Estado Libre y Soberano del México. Disponible en: <http://www.edomexico.gob.mx/tribunal/Marco%20Legal%20Actualizado/Constituci%C3%B3n%20Pol%C3%ADtica%20del%20Estado%20Libre%20y%20Soberano%20de%20M%C3%A9xico.pdf> [Consultada el 15 de Enero de 2012].

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2012. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Disponible en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1.pdf> [consultada el 15 enero de 2012].

Couttolenc-Brenis, E., Cruz-Rodriguez, J. A., Cedillo-Portugal E. y Musálem M. Á., 2005. *Uso local y potencial de las especies arbóreas en Camarón de Tejada, Veracruz, México*, México: Revista Chapingo: Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. pp. 45-50.

CETENAL Comisión de Estudios del Territorio Nacional, 1979. *Carta Edafológica E14A46, 1:50000*, Aguascalientes, México.

CETENAL Comisión de Estudios del Territorio Nacional, 1980. *Carta Geología E14A46, 1:50000*, Aguascalientes, México.

DGG Direccion General de Geografía, 1982. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación E14A46, 1:50000*, Aguascalientes, México.

Dinerstein, E., Olson D. M., Graham D. J., Webster A. L., Primm S. A. Bookbinder M. P. y Ledec G. 1995. Conservation Assessment of the Terrestrial Ecoregions of Latin America and the Caribbean, Washington D.C: The WorldBank, The World Wildlife Fund. en Conabio, 1998: *La diversidad Biológica de México: Estudio de País*, México: Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Dorantes, E. J., 2005. *Manejo de pastizales*, México: Universidad Autónoma del Estado de México.

Estrada-Flores J. G., 2005. Caracterización nutricional de maíz y arvenses utilizados en la alimentación del ganado en sistemas campesinos en dos zonas contrastantes del Estado de México, Tesis Doctoral en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad Autónoma del Estado de México.

FAO, s/f. *La biodiversidad para el mantenimiento de las funciones de los agroecosistemas*. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/i0112s/i0112S02.pdf> [Consulta 15 de Agosto de 2010].

FAO, 2009. *Situación de los bosques del mundo 2009*, Roma. 158 pp.

FAO, 2010a. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010: Informe principal*, Roma. 346 pp.

FAO, 2010b. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010: Informe nacional*, México: Departamento Forestal, Roma. 98 pp.

Figueroa-Medina, M., Estrada-Flores, J. G., F. Avilés-Nova, y Castelán-Ortega, A. 2013. *En los pastizales inducidos las especies nativas son competitivas bajo pastoreo de ganado bovino en el sur del Estado de México*, Acta Botánica (Artículo Enviado).

Flores J. y Álvarez J., 2004. *Flora y Vegetación* en: Bautista Zuñiga, Francisco (Editor general), 2004. *Técnicas de Muestreo para Manejadores de Recursos Naturales*. México, Distrito Federal: Instituto Nacional de Ecología.

Fuentes, Y. J. L., 1998. *Botánica Agrícola*, 5ª ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. 326p

García, E., 1988. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*, 4a ed. México, Distrito Federal: Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 1-50.

Gliessman, S. R., 2002. *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*, Turrialba, Costa Rica: CATIE. 358p

Guevara, S. J., Meave, J., Moreno-Casasola, P. y Laborde, J., 1992. *Floristic composition and structure of under isolated trees in neotropical pastures*, Journal of Vegetation Science. 3: 655-664.

Guevara, S. J. y Laborde, J., 1993. *Monitoring seed dispersal at isolated standing trees in tropical pastures: consequences for local species availability*, Vegetatio, 107(108): 319-338.

Guevara, S., Meave, J., Moreno-Casasola, P., Laborde J. y Castillo, S., 1994. *Vegetación y flora de potreros en la sierra de Los Tuxtlas, México*, Acta Botánica Mexicana, 28: 1-27.

Guevara, S. J., Laborde, J. y Sánchez, R. G., 2004. *Rain forest regeneration beneath the canopy of fig trees isolated in pastures of Los Tuxtlas, México*, Biotropica. 36(1): 99-108.

Guevara, S. J., Laborde, J. y Sánchez, R. G., 2005. *Los árboles que la selva dejó atrás*, Interciencia, 30 (19): 595-601.

Gobierno del Estado de México, 2009. Bando Municipal de Zacazonapan. Disponible en: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Estatal/ESTADO%20DE%20MEXICO/Municipios/Zacazonapan/41Zacazonapan.pdf> [Consulta 20 de Enero de 2012].

Gobierno del Estado de México, 2010. Regiones del Estado de México, Disponible en: <http://qacontent.edomex.gob.mx/edomex/estado/geografiayestadistica/regiones/index.htm> [Consulta 09 de agosto de 2010].

Gomez-Pompa, A. y Dirzo, R., (Coordinadores), 1995. *Reservas de la biosfera y otras áreas naturales protegidas de México*, México: Secretaría del Medioambiente Recursos

Naturales y Pesca, Instituto Nacional de Ecología y Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad. 159p

González, S. A. E., 1989. *Plantas tóxicas para el ganado*, México: Limusa. 273p

González, J. C., Ayala, A. y Gutiérrez, E., 2007. *Composición química de especies arbóreas con potencial forrajero de la Región de Tierra Caliente, Michoacán, México*: Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 41(1): 87-93.

Grande, D., Losada, H., Cortés, J., Rivera, J., Maldonado, M. y Pérez-Gil, F., 2009. *Los árboles dispersos en potreros de la región de la sierra de Tabasco, México*: Revista Brasileña de Agroecología, 4 (2): 4489-4492.

H. Ayuntamiento de Zacazonapan, 2003. Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Zacazonapan, México: Gobierno del Estado de México, p. 213.

Harvey, C. A., Haber, W. A., Solano, R. y Mejias, F., s/f. *Árboles remanentes en potreros de Costa Rica: ¿Herramientas para la conservación?* Disponible en: <http://www.fao.org/WAIRDOCS/LEAD/X6334S/X6334S00.HTM> [Consulta el 12 mayo de 2010].

Hernández, V. G., Sánchez, V. L. R., Carmona, V. T. F., Pineda, L. M. R. y Cuevas, G. R., 2000. *Efecto de la ganadería extensiva sobre la regeneración arbórea de los bosques de la Sierra de Manantlán*. Madera y Bosques. Xalapa, México. 6: 13-28.

ICRAF, s/f. *World Agroforestry Centre* Disponible en: <http://www.worldagroforestry.org/latinamerica/es/content/definiciones> [Consulta el 19 de Septiembre de 2010].

IGECEM Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México, 2005. *Estadística Básica Municipal Zacazonapan*, Toluca: Gobierno del Estado de México.

IGECEM Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México, 2007. *Estadística Básica Municipal Zacazonapan*, Toluca: Gobierno del Estado de México.

IGECEM Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México, 2008. *Estadística Básica Municipal Zacazonapan*, Toluca. Gobierno del Estado de México.

IGECEM Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México, 2009. *Estadística Básica Municipal Zacazonapan*. Toluca. Gobierno del Estado de México.

IGECEM Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México, 2010. Estadística Básica Municipal Zacazonapan. Toluca. Gobierno del Estado de México.

IGECEM Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México, 2011. Estadística Básica Municipal Zacazonapan. Toluca. Gobierno del Estado de México.

IGECEM Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México, 2012. Estadística Básica Municipal Zacazonapan. Toluca. Gobierno del Estado de México.

INEGI Instituto Nacional de Geografía y Estadística, 2000. *XII Censo General de Poblacion y Vivienda, ITER 2000*, México: Instituto Nacional de Geografía y Estadística. Disponible en:
<http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/proyectos/bd/consulta.asp?p=14048&c=10252&s=est#> [Consultada el 28 de septiembre de 2010]

INEGI Instituto Nacional de Geografía y Estadística, 2005b. *Principales Resultados por Localidad. Consulta interactiva de datos*. México: Instituto Nacional de Geografía y Estadística. Disponible en:
http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/default.aspx?c=10395&s=est [Consultada el 28 de septiembre de 2010]

INEGI Instituto Nacional de Geografía y Estadística, 2007. *Censo Agrícola, Ganadero y Forestal*, México: Instituto Nacional de Geografía y Estadística. Disponible en:
http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/Agro/ca2007/Resultados_Agricola/default.aspx [Consultada el 27 de Noviembre de 2009].

INEGI Instituto Nacional de Geografía y Estadística, 2009. *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos: Zacazonapan*, México: Instituto Nacional de Geografía y Estadística.

INEGI Instituto Nacional de Geografía y Estadística, 2010. *Principales Resultados por Localidad, Consulta interactiva de datos*, México: Instituto Nacional de Geografía y Estadística. Disponible en:
http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/default.aspx?c=10395&s=est [Consultada el 28 de septiembre de 2010]

INEGI Instituto Nacional de Geografía y Estadística, 1990. *Guías para la interpretación de cartografía, Geología*, México: Instituto Nacional de Geografía y Estadística.

INEGI Instituto Nacional de Geografía y Estadística, 2004, *Guía para la interpretación de cartografía: Edafología*, México: Instituto Nacional de Geografía y Estadística.

INEGI Instituto Nacional de Geografía y Estadística, 2005a. *Guía para la interpretación de cartografía, Uso del suelo y vegetación*, México: Instituto Nacional de Geografía y Estadística.

Janzen, H. D., 1988. *Tropical Dry Forests* en: Wilson, E. O. y Peter, F. M. (Editores), 1998, *Biodiversity*, Washington, D. C.: National Academic Press. 521p.

Jiménez, F. y Muschler, R., 2001. *Introducción a la agroforestería* en: Jiménez F., R. Muschler, R. y Köpsel E. (Editores), 2001. *Funciones y aplicaciones de sistemas agroforestales*, Turrialba, Costa Rica: CATIE-GTZ. 139p

Jiménez, L. M., 2009. *Dossier: estrés por calor en vacas de leche*. Frisiona Española. 29 (171): 102-107.

Krishnamurthy, L., Krishnamurthy, K., Rajagopal, I. y Guadarrama A. A., 2003. *Introducción a la agroforestería para el desarrollo rural*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 105p.

Levy, T. S., Nulman, M. A., Douterlunge, D., Román, D. F., Duncan, G. y Montes de Oca, A. L. 2007. *Manejo y rehabilitación en la selva Lacandona a partir de técnicas de agricultura tradicional*. Ciencia y Desarrollo. 33 (206): 36-41.

Ley Agraria. Cámara de Diputados de H. Congreso de la Unión, Última reforma DOF 17-01-2012, México, D.F. Disponible en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/13.pdf> [Consultada el 19 de Enero de 2012].

LGEEPA Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Última reforma DOF 30-08-2011, México, D.F. Disponible en: www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148.pdf [Consultada el 15 de enero del 2012].

Ley de Protección al Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Estado de México. Palacio del Poder Legislativo, Toluca de Lerdo, 26 de Noviembre de 1997. Disponible en: http://enj.org/portal/biblioteca/penal/derecho_penal_ambiental/49.pdf [Consultada el 15 de Enero de 2012]

Lira, N., Guevara, S., Lavorde, J. y Sánchez, R. G., 2007. *Composición florística en potreros de Los Tuxtlas, Veracruz, México*, Acta Botánica Mexicana. 80: 59-87.

Magurran, A. E., 1989. *Diversidad ecológica y su medición*, Vedral, Barcelona. 200p.

Magurran, A. E., 2004. *Measuring Biological Diversity*, UK. Blackwell Science Ltd. 256p.

Mann, C. C., 2007. *América: Lo que el descubrimiento perdió*. National Geographic. 20(15): 52-75.

Matteucci, S. y Colma, A., 1982. *Metodología para el Estudio de la Vegetación*. OEA. Washington, D.C. USA. 168p.

- Minitab v14. 2004. *Statistical software. User's guide 1: Data graphics and macros*. USA.
- Moreno, C. E., 2001. *Métodos para Medir la Biodiversidad*, Zaragoza: M&T-Manuales y Tesis SEA. 84p.
- Mostacedo, B. y Fredericksen, T. S., 2000. *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*, Santa Cruz, Bolivia: BOLFOR. 82p.
- Niembro, R. A., 1990. *Árboles y arbustos útiles de México*. México: Editorial Limusa. 206p.
- Neyra, L. y Durand, L., 1998. "Biodiversidad" en: CONABIO Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, *La diversidad Biológica de México: Estudio de País, 1998*. México: CONABIO Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 341p.
- Odum, E. P., 1972. *Ecología*, México: Interamericana. 639p.
- Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable, 2007, 2008, 2009, 2010. *Avance Mensual de Producción Pecuaria*. Disponible en: <http://www.campomexiquense.gob.mx/> [Consultada el 29 de Octubre del 2010].
- Olivarez-Perez, J., Avilés-Nova, F., Albarrán-Portillo, B., Rojas Hernández, S. y Castelán-Ortega, O. A., 2011. *Identificación, usos y medición de leguminosas arbóreas forrajeras en ranchos ganaderos del sur del Estado de México*, Tropical and Subtropical Agroecosystems. 14(2): 739-748.
- ONU Organización de las Naciones Unidas, 1992. *Convenio Sobre la Diversidad Biológica*, Disponible en: <http://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf> [Consulta 17 de Septiembre de 2010].
- Ortiz, J. J., 2010. "Gramíneas" en: Duran, G. R. y Méndez G. M., 2010. *Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán*, México: CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA. 496p.
- Palma, J. M., 2005. *Los árboles en la ganadería del trópico seco*, Avances en Investigación Agropecuaria. 9(1): 1-11.
- Paulus, G., Muller, A. M. y Barcellos, L.A.R., 2000. *Agroecología aplicada: prácticas e métodos para una agricultura de base ecológica*, Porto Alegre: EMATER-RS. 86p.
- Pennington, T. D. y Sarukhan, J., 2005. *Árboles Tropicales de México: Manual para la identificación de las principales especies*, México: Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica. 523p.

Pezo, D. y Ibrahim M., 1996. "Sistemas silvopastoriles: una opción para el uso sostenible de la tierra en sistemas ganaderos" en: *Foro Internacional sobre pastoreo Intensivo en zonas tropicales*, Morelia, México: FIRA y Banco de México.

Pezo, D. y Ibrahim, M., 1998. Sistemas silvopastoriles. *Modulo de Enseñanza Agroforestal No.2*, Serie Materiales de Enseñanza No. 40, Turrialba, Costa Rica: CATIE. 258p.

Pijoan, A. P. y Chávez, D. J. A., s/f. Plantas tóxicas para el ganado: su identificación, manejo y control. México. INIFAP, Disponible en:
<http://geocyt.com/simorg/pdfs/MANEJO-DE-RANCHOS-GANADEROS/Identificacion%20manejo%20y%20control%20de%20plantas%20toxicas%20para%20el%20ganado.pdf>. [Consultada el 19 de Noviembre de 2010]

Pinto, R. R., Medina, J. F., Guillermo, J. F., Hernández, L. A., Hernández, S. D., Bruce, G. F., Trinidad A., 2007. Alternativas tecnológicas para la ganadería chiapaneca. en: Alemán, T. S., Ferguson, B. G. y Medina, F. J. (editores). *Guía, Desarrollo y Ambiente: Una Visión para Chiapas*, México: El Colegio de la Frontera Sur y Fundación Produce Chiapas. p. 41-58.

Pla, L., 2006. *Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza*. Interciencia. 31(8): 583-590.

Quiñonez, C. T., 2005. *Chinampas y Chinamperos: Los horticultores de San Juan Tezompa*, México: Tesis de Doctorado. Universidad Iberoamericana. Disponible en: http://www.bib.uia.mx/tesis/pdf/014615/014615_08.pdf [Consultada el 19 de Noviembre de 2010]

Romero, J. C., Rivadeneira, J., De la Torre, J., Nieto, C., Velasteguí, R., Gallegos, P., Bayancela, E., Trujillo, V., Suquilanda, M., Olivera, J. y Rodríguez J., 2002. *Producción Agroecológica*. Quito, Ecuador: CAMAREN. 214p.

Romeu, E., 1999. *El mundo de las gramíneas: algo más que hierbas o zacates*. Biodiversitas. 24: 1-6

Rosado, M. A., 2003. *Metodología de la investigación y evaluación*, México: Trillas. 253p.

Rzedowski, J., 1978. *Vegetación de México*, México: Limusa 504p.

Rzedowski, G. C. de, Rzedowski J. y colaboradores, 2005. *Flora fanerogámica del Valle de México*. ed. 2ª., 1a reimp., Pátzcuaro, Michoacán: Instituto de Ecología A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 1406p.

SAGARPA Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, 2011. Programa de Producción Pecuaria Sustentable y Ordenamiento Ganadero y Apícola (PROGAN). Disponible en:
<http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Programas/Paginas/PROGRAM.aspx> [Consultado el 03 de Febrero de 2012].

Sánchez Merlos, D., Harvey, C. A., Grijalva, A., Medina, A., Vélchez, S. y Hernández, B., 2005. *Diversidad, composición y estructura de la vegetación en un agropaisaje ganadero en Matiguás, Nicaragua*, Revista de Biología Tropical. 53 (3-4): 387-414.

Segura, C. J. C., 2000. *Notas de Diseños Experimentales*. Yucatán: Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Silva, M. P. y Mauro, R. R., 2001. *Comportamiento de la composición florística de una sabana inundable bajo diferentes condiciones de uso*. Pasturas Tropicales. 23(3): 27-35.

Smith, R. L. y Smith, T. M., 2001. *Ecología*. 4ª ed. México: Addison Wesley. 777p

Souza de Abreu, M. H., Ibrahim, M., Silva, J. C., 1999. “Árboles en pastizales y su influencia en la producción de pasto y leche” en: *Congreso Latinoamericano sobre Agroforestería para la Producción Agrícola Sostenible: Memorias*. Cali, Colombia: CIPAV.

Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Vincent, C., Rosales, M. y De Haan, C., 2009. *La larga Sombra del Ganado*, Roma, Italia: FAO p. 2-23.

Toledo, M. T., Carabias, J., Mapes, C. y Toledo, C., 2000. *Ecología y autosuficiencia alimentaria*. 5ª ed. México: Siglo veintiuno.

Uhl, C., Bushbacher, R. y Serrao, E. A. S., 1988. *Abandoned pastures in eastern Amazonia, I. Patterns of plant succession*. Journal of Ecology. 76: 663-681.

Vibrans H., 2009. *Malezas de México*. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/euphorbiaceae/euphorbia-hirta/fichas/ficha.htm> [Consultada el 08 de Diciembre de 2011].

Vibrans H., 2010. *Malezas de México*. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/caesalpinaceae/senna-obtusifolia/fichas/ficha.htm> [Consultada el 08 de Diciembre de 2011].

Villaseñor, R. J. L. y Espinosa, G. F. J., 1998. *Catálogo de malezas de México*, México: Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica. 448p.

Young, A., 1987. “The environmental basis of agroforestry” en: Reifsnyder W. S. y Darnhofer T. O. (editores), *Meteorology and Agroforestry*, Nairobi, Kenya: International Council for Research in Agroforestry. p. 29-48.

Zepeda, G. C. y Velázquez, M. E., 1999. *El bosque tropical caducifolio de la vertiente sur de la sierra de Nanchititla, Estado de México: la composición y la afinidad geográfica de su flora*. Acta Botánica Mexicana. 46: 29-55.

Zulueta, R. R., Trejo, A. D., Lara, C. L., López, M. H. y Moreira, A. C., 2006. *¿Es útil la flora de la selva baja caducifolia en México?*, Disponible en:

<http://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol19num1/articulos/flora/index.htm>
[Consultada el 15 de Noviembre de 2009].