

**COMPOSICIÓN, ESTRUCTURA Y CAMBIO DE USO DE SUELO EN EL  
ZACATAL GIPSÓFILO DE LA TRINIDAD, GALEANA, NUEVO LEÓN,  
MÉXICO**

**MIGUEL ANGEL HERNÁNDEZ GÓMEZ**

**TESIS**

Presentada como requisito parcial para

Obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**EN ZOOTECNIA**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA**

**“ANTONIO NARRO”**



PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Septiembre de 2010

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”  
DIRECCIÓN DE POSTGRADO**

**COMPOSICIÓN, ESTRUCTURA Y CAMBIO DE USO DE SUELO EN EL ZACATAL  
GIPSÓFILO DE LA TRINIDAD, GALEANA, NUEVO LEÓN, MÉXICO**

**TESIS POR:**

**MIGUEL ÁNGEL HERNÁNDEZ GÓMEZ**

**Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular y aprobada como requisito  
parcial para optar el grado de:**

**MAESTRO EN CIENCIAS  
EN ZOOTECNIA**

**COMITÉ PARTICULAR**

**Asesor principal:** \_\_\_\_\_

**Dr. Jesús Valdés Reyna**

**Asesor:** \_\_\_\_\_

**Dr. José A. Villarreal Quintanilla**

**Asesor:** \_\_\_\_\_

**Dra. Iliana I. Hernández Javalera**

---

**Dr. Jerónimo Landeros Flores**

**Subdirector de Postgrado**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila. Septiembre del 2010**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, que me ha permitido conocer y contribuir en la medida de mis posibilidades al cuidado de su maravillosa obra.

Al Dr. Jesús Valdés Reyna por la dirección de esta tesis, su confianza brindada y el apoyo para la realización de la misma.

Al Dr. José A. Villarreal Quintanilla por su ayuda invaluable en la identificación de muestras botánicas, así como por sus valiosas observaciones durante el desarrollo de la tesis.

A la Dra. Iliana Isabel Hernández Javalera por la asesoría en la presente investigación.

Al M.C. Juan Antonio Encina Domínguez por la revisión detallada del documento de tesis, su apoyo continuo y las sugerencias para la evaluación de los datos de la vegetación.

Al M.C. Sergio German Gómez Pérez, por su apoyo incondicional y su valiosa ayuda en la colecta de material botánico y el análisis de datos de campo.

A la Universidad Autónoma “Agraria Antonio” por todas las facilidades otorgadas durante la realización de los estudios de Maestría en Ciencias.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por su respaldo económico para realizar los estudios de postgrado.

Al Departamento de Ciencias del Suelo de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, por su valiosa ayuda en la determinación de las propiedades físicas y químicas del suelo.

Al Departamento de Control escolar de la Dirección de posgrado de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”.

A la Coordinación del Programa de Posgrado en Zootecnia, por su orientación y seguimiento de la actividades para el desarrollo del graduado.

A todas las personas, organizaciones y dependencias que de alguna u otra forma participaron en la elaboración de esta investigación.

## **DEDICATORIA**

A mis padres (+) que me dieron la vida, les brindo mi esfuerzo para concluir esta etapa de mi formación académica y profesional.

A mis abuelos (+) que me forjaron por el camino del bien, el esfuerzo y el trabajo.

A mi esposa Adorit López Ventura, por ser mi compañera, confidente y amiga, por su comprensión y apoyo incondicional.

A mis hijos Kaled, Abril y Maia que son la luz para que el escribiente no claudique, más siempre avance.

A mis hermanos por motivarme y brindarme su apoyo moral.

A todos aquellos que dedican su vida a luchar por aquello que no nos pertenece y por lo que estamos obligados a rendir buenas cuentas a las nuevas generaciones.

**A mis Maestros y Asesores, con admiración y respeto.**

## **COMPENDIO**

**COMPOSICIÓN, ESTRUCTURA Y CAMBIO DE USO DE SUELO EN EL ZACATAL  
GIPSÓFILO DE LA TRINIDAD, GALEANA, NUEVO LEÓN, MÉXICO**

**POR:**

**Miguel Ángel Hernández Gómez**

**MAESTRIA EN CIENCIAS EN ZOOTECNIA**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila. Septiembre de 2010**

**Dr. Jesús Valdés Reyna – Asesor-**

La Trinidad es un predio de 3,282.6 Ha que forma parte de la zona sujeta a conservación ecológica (ZSCE) decretada el 10 de enero del 2002 en el diario oficial del estado de Nuevo León. Se localiza en el municipio de Galeana, entre los 24° 50´ latitud Norte y 100° 24´ longitud Oeste, la altitud es de 1,355 m. Su importancia biológica radica en la existencia de pastizales halófilos y gipsófilos,

además de fauna endémica formada por el Perrito Llanero Mexicano (*Cynomys mexicanus*) y el Gorrión de Worthen (*Spizella wortheni*). El objetivo de este trabajo es conocer la estructura y composición de la vegetación y suelo en el zacatal gipsófilo para explicar los cambios en la densidad de población de perrito llanero mexicano en sitios con impacto y sin impacto agrícola. Se evaluó la vegetación en el zacatal gipsófilo utilizando un espacio muestral de 40 sitios en un total de 120 parcelas con el “Método de parcela” en un conjunto de tres parcelas de 2m<sup>2</sup> para cada sitio. El suelo se evaluó en (ASIA) y en (AAA) para obtener las características del suelo se colectaron tres muestras a diferentes profundidades de 0-20 cm, 20-40 cm y 40-60 cm, para determinar la densidad de la población de perrito llanero mexicano se realizó un conteo de madrigueras activas e inactivas en un transecto de 250 metros de distancia por 40 metros de ancho, se observó el número de individuos por madriguera para estimar el número promedio de individuos por hectárea. En el análisis de cambio de uso de suelo se utilizaron las cartas edafológicas (CETENAL, 1971) para obtener el marco de referencia, imágenes de satélite para evaluar valores cuantitativos y cualitativos del cambio en el uso del suelo y vegetación de 1971 al 2003. Se colectó una taxa compuesta por 22 familias, 58 géneros y 69 especies. Las familias con más especies en el área son: Poaceae (17), Asteraceae (13), Chenopodiaceae (9), Brassicaceae (5), Fabaceae (3), Solanaceae (3), Euphorbiaceae (2) y los géneros con más especies son: *Atriplex* (4), *Bouteloua* (3) *Scleropogon*, *Erioneuron*, *Chenopidium* y *Muhlenbergia* (2). La comunidad vegetal dominante es zacatal bajo de *Muhlenbergia villiflora* 56.84%, asociado con *Scleropogon brevifolius* (16.53%) en áreas sin impacto agrícola (ASIA) y

*Kochia scoparia* (77.02%) asociada con *Muhlenbergia villiflora* (8.15%) en áreas agrícolas abandonadas (AAA). El suelo presentó variaciones en la cantidad porcentual de Nitrógeno, Materia orgánica y Textura del suelo. La fauna de la ZSCE está asociada con especies endémicas y relicto que ofrecen un amplio mosaico biológico en el que el perrito llanero mexicano presenta una densidad de 27.2 madrigueras activas y 16.9 madrigueras inactivas en promedio por hectárea, una densidad media de 4.5 individuos por madriguera activa y una densidad promedio de 122.2 individuos por hectárea en (ASIA) y densidad de 13.5 madrigueras activas y 6.4 madrigueras inactivas en promedio por hectárea con una densidad de 3.5 individuos por madriguera activa y una densidad promedio de 47.1 individuos por hectárea en (AAA). El análisis de los cambios en el uso del suelo reflejó modificaciones en las coberturas de la agricultura con incrementos de 19.99 a 1,188.73 hectáreas, el matorral gipsófilo disminuyó de 1,555.23 a 422.97 hectáreas.



## **ABSTRACT**

### **COMPOSITION, STRUCTURE AND CHANGES IN THE SOIL USAGE OF GYPSOPHYLLO GRASSLAND IN LA TRINIDAD, GALEANA, NUEVO LEÓN, MEXICO.**

**By**

**Miguel Angel Hernández Gómez**

**MASTER IN SCIENCES IN ZOOTECNIA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, September 2010**

**Jesús Valdés Reyna, Ph. D. –Advisor–**

Key words: Structure, Composition, Zacatal gypsophyllo, change in use of soil, Mexican prairie dog, and multitemporary analysis.

The Trinidad declared itself as zones subject to conservation ecological (ZSCE) on January 10, 2002, it relies on 3,282.6 Hectares, length locates in the coordinates 24° 50´ north latitude and 100° 04´ this one and altitude of 1,355 m.s.n.m. The objective is to know the structure and composition of the vegetation and soil in the grassland gypsophyllo to explain the changes in the density of population of Mexican prairie dog (*Cynomys mexicanus* M.) in areas with impact (AAA) and areas without agricultural impact (ASIA). The vegetation was evaluated by sample space of 40 sites in total (120 plots) by the "Method of plot" in a set of three plots of 2m<sup>2</sup> for every site. The soil was evaluated in three

samples in depths of 0-20 cm, 20-40 cm. and 40-60 cm. The density of the population of Mexican prairie dog decided by means of the count of active and inactive burrows with transect of 250 x 40 meters, the individuals were assessed by burrow and the average of individuals was calculated by hectare. The change of use of soil and vegetation was obtained across a frame of reference, images of satellite, was evaluated quantitatively and qualitatively the variations in the use of the soil and vegetation from 1971 to 2003. The vegetation consists for 22 families, 58 genera and 69 species. The families with more species in the area are composed for: *Poaceae* (17), *Asteraceae* (13), *Chenopodiaceae* (9), *Brassicaceae* (5), *Fabaceae* (3), *Solanaceae* (3), *Euphorbiaceae* (2) and the genera with more species are: *Atriplex* (4), *Bouteloua* (3) *Scleropogon* (2), *Erioneron* (2), *Chenopidium* (2) and *Muhlenbergia* (2). The vegetation dominant community is grassland low of *Muhlenbergia villiflora* 56.84% associated with *Scleropogon brevifolius* 16.53% in areas without agricultural impact (ASIA) and *Kochia scoparia* (77.02%) associated with *Muhlenbergia villiflora* (8.15%) in agricultural left areas (AAA). The elements of the soil that were modified were the Nitrogen, Organic Matter and Texture of the soil. The fauna of the ZSCE is associated with endemic species and relict presented decrease in the density with results of 27.2 active burrows and 16.9 inactive burrows in average for hectare, a density happens of 4.5 individuals for active burrow and an average density of 122.2 individuals for hectare in (ASIA). The density of 13.5 active burrows and 6.4 inactive burrows in average for hectare with a density of 3.5 individuals for active burrow and an average density of 47.1 individuals for hectare in (AAA). Changes met in the use of the soil in the agriculture increases

from 19.99 to 1,188.73 hectares and the bushes gypsophyllo diminished from 1,555.23 to 422.97 hectares and some variations in the grassland gypsophyllo. The components of the grassland gypsophyllo have suffered changes, due to the impact of the agricultural intensive activity there has been modified the coverage of the vegetation and the soil without minimized the effects on the density of the Mexican prairie dog. Therefore it is necessary to implement strategies and instruments adapted for the managing of the shepherding and the effective restriction of the agricultural activity to avoid the loss of the biodiversity.

## INDICE

INDICE .....	XII
INDICE DE CUADROS.....	XV
INDICE DE FIGURAS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	1
Justificación .....	3
Objetivo general .....	4
Objetivos específicos.....	4
MATERIALES Y MÉTODOS.....	6
Descripción del área de estudio.....	6
Ubicación geográfica .....	8
METODOLOGÍA.....	11
Diseño de los sitios de muestreo para la vegetación. ....	11
Caracterización de los sitios de muestreo para la vegetación. ....	13
Cálculos derivados de la medición de la vegetación. ....	14
Colecta de material botánico y herborización.....	15
Caracterización del suelo en la ZSCE La Trinidad .....	15
El método de muestreo por banda para la evaluación de densidad de perrito llanero mexicano. ....	17
Estimación de la población del perrito llanero mexicano .....	18
Análisis del cambio de uso de suelo en el área de estudio. ....	19
Tasa de cambio en vegetación y uso del suelo.....	21

Comparación de dos modelos para explicar el comportamiento y el impacto de la agricultura sobre la vegetación. ....	22
RESULTADOS .....	23
Composición de especies en la Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Trinidad. ..	23
Estructura de la vegetación en áreas sin impacto agrícola (ASIA) en el zacatal gipsófilo en la Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Trinidad .....	25
Estructura de la vegetación en áreas impactadas por la agricultura (AAA) en el zacatal gipsófilo en la Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Trinidad .....	28
Características físicas y químicas del suelo en la ZSCE La Trinidad .....	31
Contenido de materia orgánica .....	32
Nitrógeno Total .....	33
Densidad aparente .....	34
Potencial Hídrico:.....	34
Presencia de carbonatos .....	35
Textura .....	35
Densidad de población de perrito llanero ( <i>Cynomys mexicanus</i> ) en la ZSCE La Trinidad. ....	37
Densidad de madrigueras activas e inactivas en sitios sin impacto de la agricultura intensiva. ....	37
Densidad de madrigueras activas e inactivas en sitios con impacto de la agricultura intensiva sobre el hábitat. ....	39
Comparación de la densidad de población del perrito llanero en sitios con Impacto de la agricultura intensiva sobre el hábitat.....	41
Análisis multitemporal del cambio de uso de suelo y vegetación en la Zona Sujeta a Conservación Ecológica (ZSCE) La Trinidad. ....	43

Cambios en la cobertura de la vegetación y uso del suelo en la ZSCE La Trinidad en el periodo de 1971-2003.....	43
Cambio de uso de suelo y cobertura de la vegetación en la ZSCE La Trinidad para el periodo 1971-2003.....	45
Cambio de uso de suelo y cobertura de la vegetación en la ZSCE La Trinidad para el periodo 1999-2003.....	46
Aplicación de los modelos; Ley de potencia, exponencial invertido para evaluar el impacto de la agricultura intensiva sobre la vegetación. ....	47
Representación de la agricultura con dos modelos; Modelo de la ley de la potencia y exponencial invertido. ....	48
DISCUSION.....	52
Composición y estructura del zacatal gipsófilo.....	52
Impacto de la agricultura intensiva sobre el zacatal gipsófilo. ....	53
Comportamiento de la densidad de madrigueras activas e inactivas en la ZSCE La Trinidad. ....	53
Densidad de perrito llanero mexicano en la ZSCE La Trinidad .....	54
Importancia ecológica del perrito llanero en la ZSCE La Trinidad. ....	55
Cambios en la cobertura vegetal y uso del suelo .....	56
CONCLUSIONES .....	57
RECOMENDACIONES.....	59
LITERATURA CITADA .....	60
APENDICE .....	64
Apéndice 1. Listado florístico de la Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Trinidad. ....	64
Apéndice 2. Ubicación geográfica de los sitios de muestreo para vegetación y densidad de perrito llanero mexicano. ....	68

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Ubicación geográfica de la (ZSCE) La Trinidad .....	10
Cuadro 2. Ubicación geográfica y característica de los sitios de muestreo de suelo. ....	16
Cuadro 3. Atributos estructurales para la vegetación del zacatal gipsófilo en áreas sin impacto agrícola en la ZSCE La Trinidad. ....	25
Cuadro 4. Atributos estructurales para la vegetación del zacatal gipsófilo en áreas agrícolas impactadas en la ZSCE La Trinidad. ....	28
Cuadro 5. Contenido de Materia Orgánica (Porcentaje) .....	32
Cuadro 6. Contenido de Nitrógeno Total (Porcentaje) .....	33
Cuadro 7. Análisis de la densidad Aparente del suelo (g/cm <sup>3</sup> ).....	34
Cuadro 8. Análisis del Potencial Hídrico en dos condiciones de suelo .....	34
Cuadro 9. Análisis de los Carbonatos totales del suelo (Porcentaje de CO <sub>3</sub> ) ..	35
Cuadro 10. Textura del suelo en dos condiciones (Porcentaje).....	35
Cuadro 11. Densidad de población de <i>Cynomys mexicanus</i> en sitios sin impacto de la agricultura intensiva sobre el hábitat. ....	37

Cuadro 12. Densidad de población de <i>Cynomys mexicanus</i> en sitios con impacto de la agricultura intensiva sobre el hábitat. ....	39
Cuadro 13. Cambios de superficie (Ha) en diferentes tipos de cobertura en la ZSCE La Trinidad. ....	44
Cuadro 14. Cambio de la superficie (Ha) y tasa de cambio (%) por cobertura del periodo 1971-1999.....	45
Cuadro 15. Cambio de la superficie (Ha) y tasa de cambio (%) por cobertura del periodo 1999-2003. ....	46
Cuadro 16. Arreglo de datos de los cambios de superficies para modelo estadístico.....	47
Cuadro 17. Representación de impacto con datos de los modelos. ....	48
Cuadro 18. Modelación del impacto en la superficie ocupada (Ha) de la agricultura y otras coberturas en la ZSCE La Trinidad. ....	50



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación regional del área de estudio. ....	6
Figura 2. Ubicación geográfica de la Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Trinidad. ....	9
Figura 3. Representación de estación para muestreo de vegetación. ....	13
Figura 4. Gráfico de la banda para conteo de madrigueras. ....	17
Figura 5. Composición por familias en el zacatal gipsófilo en La ZSCE La Trinidad. ...	24
Figura 6. Análisis comparativo del suelo en dos condiciones de la ZSCE La Trinidad .	31
Figura 7. Comportamiento de la densidad de madrigueras por sitio en ASIA en la ZSCE La Trinidad.....	38
Figura 8. Comportamiento de la densidad de madrigueras por sitio en AAA en la ZSCE La Trinidad.....	40
Figura 9. Comportamiento de la densidad de perrito llanero por sitio de muestreo y condición ecológica. ....	42
Figura 10. Comparación de los cambios en la cobertura en periodo de 1971-2003. ...	44
Figura 11. Impacto de la agricultura sobre la vegetación en la ZSCE La Trinidad.....	48

Figura 12. Representación estadística de impacto de la agricultura con datos de los dos modelos.....	49
Figura 13. Comportamiento de la agricultura y su impacto sobre la vegetación en la ZSCE La Trinidad. ....	51
Figura 14. Modelo cuantitativo para la restauración del zacatal gipsófilo. ....	58

## INTRODUCCIÓN

En México el zacatal gipsófilo se localiza principalmente en los Estados de San Luís Potosí, Chihuahua, Nuevo León y Coahuila (Rzedowski, 1978). Frecuentemente en diversos lugares, el aprovechamiento del zacatal no es óptimo, debido al sobreapacentamiento que conlleva a la destrucción de la cubierta vegetal e invasión de especies exóticas ó indeseables para el ecosistema y consecuentemente la pérdida del suelo por erosión (Valdés, 1999).

El estado de Nuevo León cuenta con cinco ecorregiones terrestres de alta diversidad biológica, donde se ubican distintos sistemas ecológicos, definidos por aspectos climáticos y gradientes altitudinales, que oscilan desde las zonas áridas y semiáridas hasta la pradera alpina y subalpina. Considerando el entorno ecológico, el gobierno del estado de Nuevo León propuso a través de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas, integrar un Sistema Estatal de Áreas Naturales Protegidas, con la finalidad de proteger y conservar la

biodiversidad (Guadarrama *et al.*, 2003). Bajo este marco jurídico se decreta en el municipio de Galeana la Zona Sujeta a Conservación Ecológica “La Trinidad” (en lo sucesivo ZSCE), en el Periódico Oficial del Estado el 10 de Enero de 2002, con una superficie de 3,282.6 Ha (Guadarrama *et al.*, 2003).

Los argumentos justificativos que motivan a conocer los atributos naturales, interrelaciones e interdependencias del sitio se mencionan a continuación:

- Pertenece a una de las 155 áreas (RTP) Praderas del Tokio con categoría de región prioritaria terrestre número 80 para la conservación en el ámbito nacional MEX-1 estatus otorgado oficialmente por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Es un Área de Importancia para la Conservación de las Aves en México Núm. 232 (Arizmendi y Márquez, 2000).
- Es un “Ecosistema de Pastizales Abiertos” con la más alta prioridad de conservación para mantener especies endémicas y poblaciones invernales de aves de pastizal de Norte América.
- En la Valoración Ecoregional del Desierto Chihuahuense sobresale entre las primeras cuatro regiones prioritarias de conservación por la concentración de población de especies en peligro de extinción.
- Representa la tercer colonia más grande y mejor conservada del perrito llanero mexicano (*Cynomys mexicanus*), especie endémica y en peligro de extinción listada en la NOM-059-SEMARNAT-2001.

## **Justificación**

Existen en la región y particularmente en las áreas destinadas a la conservación del perrito llanero una problemática diversa que contrarrestan el incremento en la densidad de población de la especie, los principales problemas son: El impacto de la agricultura es de grandes proporciones, ya que tan sólo en los últimos diez años los pastizales naturales se han reducido en un 40% en la región de las Praderas del Tokio (Treviño y Villarreal, 1998).

En el rango de distribución del perrito llanero en Nuevo León existe un gran desarrollo agrícola, lo que ha provocado la disminución de las poblaciones y su hábitat (Scott y Estrada, 1999).

El sobre pastoreo es otra amenaza que reduce la calidad del hábitat, donde no existe manejo adecuado del ganado ya que se realiza sin control, no existen cercos que permitan realizar un aprovechamiento más eficiente del agostadero. Adicionalmente la creación de nuevos caminos y carreteras ha favorecido la fragmentación y disminución de la calidad de los pastizales y del hábitat del perrito llanero. La disminución de las poblaciones tiene diversos orígenes, en los que desafortunadamente están relacionados principalmente con la intervención del hombre (Avendaño, 1999).

En resumen el principal problema de La Trinidad es la modificación en el uso del suelo, que son convertidos a suelos agrícolas cuando su vocación natural es

de agostaderos de baja calidad, sin que intervenga autoridad ó permiso alguno para estos desarrollos, este fenómeno acelera la erosión, la compactación y por último la salinización del suelo, provocando la improductividad y el abandono de la tierra. Por lo expuesto anteriormente, resulta de gran importancia el conocimiento de la composición y cobertura de la vegetación, suelo y fauna, además de los procesos que originan los cambios del sistema “zacatal gipsófilo”. Esta información busca ser de utilidad para el entendimiento de la interdependencia de las especies de flora y fauna presentes en el sistema con los procesos ecológicos y antropológicos para reforzar planes y estrategias de manejo adecuadas para la protección, conservación y restauración de los recursos naturales.

### **Objetivo general**

Conocer las características ecológicas y el impacto de la agricultura intensiva en el zacatal gipsófilo en La Trinidad, Galeana, Nuevo León, México.

### **Objetivos específicos**

- Determinar la composición y estructura de la vegetación del zacatal gipsófilo en sitios impactados y sitios no impactados por la agricultura intensiva.
- Determinar las características físicas y químicas del suelo del zacatal gipsófilo en sitios impactados y sitios no impactados por la agricultura intensiva.

- Determinar cambios en la densidad de población del perrito llanero en el zacatal gipsófilo en sitios impactados y no impactados por la agricultura intensiva.
- Determinar el cambio en la cobertura de la vegetación y uso de suelo en la Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Trinidad, Galeana, Nuevo León.





El área de estudio se caracteriza por valles intermontanos, con suelos de tipo xerosol y gípsico (Rzedowski, 1983). Presenta un clima seco semicálido [BS-hx' (e)], con una temperatura media anual de 16.7 °C, una precipitación anual entre 400 y 500 milímetros y vientos predominantes son de norte a sur.

El suelo de los valles donde se desarrollan los pastizales abiertos, son de origen aluvial (xerosoles) y se caracteriza por ser xerosol gípsico profundo, no rocoso de textura media a fina (Treviño *et al.*, 1997).

Las comunidades vegetales dominantes en el valle son:

(1) El Pastizal abierto de La Trinidad está representado por pastos y hierbas anuales y perennes.

(2) Matorral micrófilo con *Larrea tridentata*, *Flourensia cernua*, *Rhus microphylla*, *Prosopis glandulosa* y *Acacia constricta*, en la periferia del llano.

(3) Matorral rosetófilo con especies como *Agave lechuguilla* y *Yucca carnerosana*, en lomeríos y laderas (Scott *et al.*, 2004).

En el sur de San Luis Potosí y Nuevo León, los suelos yesosos cuentan con vegetación de pastizal abierto y bajo, en el cual destacan *Bouteloua chasei*, *Muhlenbergia purpusii*, *M. villiflora* y *Sporobolus nealleyi*. Algunas de las principales especies que lo constituyen son: *Bouteloua chasei*, entre otros (García y Jurado, 2008).

A nivel de ecosistema, los pastizales ocupados por perrito llanero están severamente fragmentados, esto ha ocurrido por la eliminación directa de los pastizales con fines agrícolas. Las colonias de perrito de la pradera han sido eliminadas a través de campañas de envenenamiento y cacería. El “Llano de la Soledad” representa un hábitat en buen estado de conservación y sin efecto aparente por la actividad agrícola, mientras que “La Trinidad” y La Hediondilla representan el hábitat impactado por la actividad agrícola (Cruz, 2006).

La fauna del Área Natural Protegida está representada por un número de especies, junto a especies endémicas y relicto forman un mosaico biológico de más de 200 especies de reptiles, aves y mamíferos.

### **Ubicación geográfica**

La Trinidad se ubica en el kilómetro 165 de la Carretera Federal número 57 en el tramo de Saltillo a Matehuala en el municipio de Galeana, Nuevo León y pertenece a una de las 152 Regiones Terrestres Prioritarias (RTP No. 80) que según la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), debido a que en este sitio se ubican las colonias aún existentes del Perrito Llanero (*Cynomys mexicanus*). Además, el área incluye varios sitios identificados como Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves de México (Arizmendi, 2000).

Se decreta en el municipio de Galeana, Nuevo León la creación de tres Áreas Naturales Protegidas con estatus legal de Zona Sujeta a Conservación Ecológica en lo sucesivo (ZSCE), denominadas “La Trinidad”, “La Hediondilla” y el “Llano de la Soledad” publicado en el Periódico Oficial del Estado el 10 de Enero de 2002, presentadas en la figura 2.

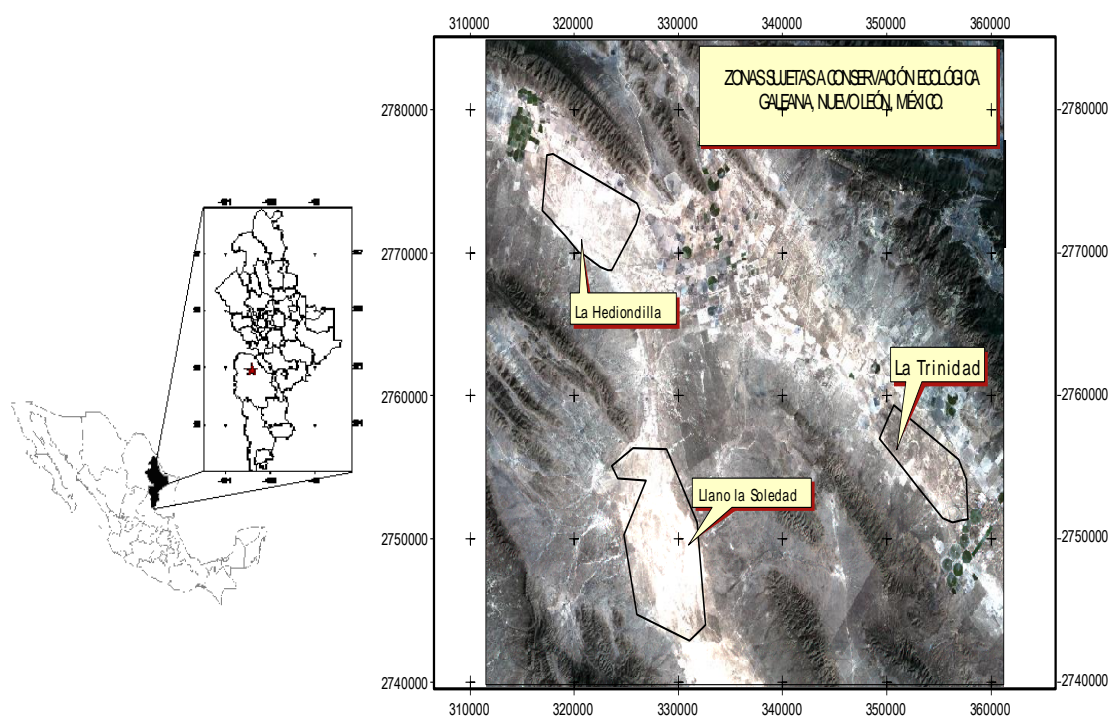


Figura 2. Ubicación geográfica de la Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Trinidad.

Cuadro 1. Ubicación geográfica de la (ZSCE) La Trinidad

<b>No.</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Longitud</b>	<b>Latitud</b>
1	350758.000	2759300.000	N 24° 56' 35.1"	W 100° 28' 41.4"
2	357000.000	2755470.000	N 24° 54' 32.8"	W 100° 24' 57.4"
3	357663.000	2754120.000	N 24° 53' 49.1"	W 100° 24' 33.3 "
4	357876.000	2751350.000	N 24° 52' 19.2"	W 100° 24' 24.7"
5	356359.000	2751130.000	N 24° 52' 11.2	W 100° 25' 18.6"
6	355410.000	2751370.000	N 24° 52' 19.0"	W 100° 25' 52.5"
7	349380.000	2756980.000	N 24° 55' 19.2"	W 100° 29' 29.6"
8	350758.000	2759300.000	N 24° 56' 35.1"	W 100° 28' 41.4"

El polígono de la Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Trinidad (ZSCE) cuenta con una superficie de 3,282.6 ha y las coordenadas geográficas de los vértices del polígono se presentan en el cuadro 1.

## METODOLOGÍA

### **Diseño de los sitios de muestreo para la vegetación.**

Los métodos con parcela han sido muy utilizados para la medición de los atributos de la vegetación, el método del cuadrado es el más antiguo para la obtención de datos cuantitativos sobre la vegetación. Las parcelas pueden ser cuadros, rectángulos o círculos y las dimensiones del cuadrante dependen del tamaño de las plantas a evaluar (Franco, 1985).

Los muestreos de vegetación se iniciaron a mediados del verano del año 2007 y las colectas se realizaron en cada estación (primavera, verano y otoño) y se colectaron las plantas que aparecieron en las diferentes condiciones climáticas.

Para evaluar las características y composición de la vegetación en el zacatal gipsófilo se utilizó un espacio muestral de 40 sitios en total (120 parcelas) y la técnica conocida como “Método con parcela” (Mueller-Dombois y Ellenberg,

1974), que comprende un conjunto de tres parcelas de  $2\text{m}^2$  para cada sitio, con separación de 50 metros de distancia a partir del punto central.

El diseño del muestreo fue aleatorio estratificado, en este caso se decidió hacer una comparación entre dos estratos, los estratos que se estudiaron fueron sitios con vegetación existente en las áreas agrícolas abandonadas (AAA) y la vegetación existente en áreas sin impacto agrícola (ASIA) en el zacatal gipsófilo. Según Knight (1986) este diseño de muestreo toma ventajas de ciertos tipos de información acerca de una población o para grupos homogéneos (Tipo de vegetación, tipo de edades, tipo de uso, entre otros), cada unidad estratificada es muestreada usando un diseño de muestreo aleatorio simple y el grupo estimado es combinado para estimar los parámetros de una población.

El muestreo estratificado empieza con la división del área total en subunidades homogéneas según el tipo de hábitats o variaciones de la densidad poblacional. Cada unidad se muestrea por separado aleatoria ó sistemáticamente (Ojasti, 2000). La figura 3, representa la distribución de las parcelas dentro de cada sitio muestreado, esta distribución se utilizó para levantar los datos en 60 parcelas de  $2\text{m}^2$  en cada estrato evaluado para las plantas herbáceas y para las plantas de especies arbustivas la evaluación se realizó en una estación central circular con un área de  $78.5\text{ m}^2$  para los casos donde que se encontró este tipo de vegetación.

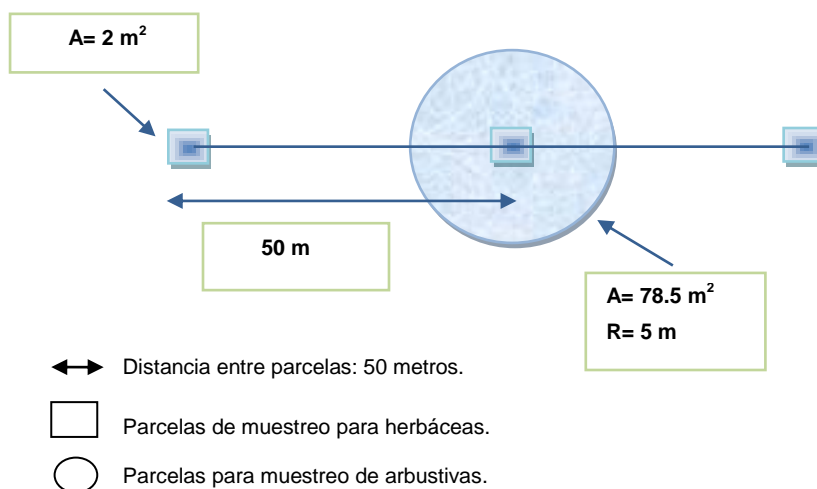


Figura 3. Representación de estación para muestreo de vegetación.

Los materiales utilizados en los muestreos fueron: cordel de nylon, estacas, cinta métrica, parcelas de  $2\text{m}^2$  de pvc y para la colecta un martillo de geólogo, tijeras para podar, bolsas de hule, bolsas de papel y prensa botánica.

### Caracterización de los sitios de muestreo para la vegetación.

Para caracterizar los sitios de muestreo se incluyeron los siguientes aspectos: tipo de vegetación, altitud, coordenadas geográficas (latitud y longitud). En cada sitio de muestreo se efectuó un reconocimiento sobre los estratos presentes y las especies que los integran, posteriormente se identificaron las especies presentes, se midió la altura, cobertura y densidad. En el sitio de muestreo se ubica con ayuda del Sistema global de posicionamiento (GPS).

### **Cálculos derivados de la medición de la vegetación.**

Con la información obtenida durante el muestreo del estrato herbáceo y arbustivo se calcularon los atributos de la vegetación. Cada estrato evaluado posee valores de la densidad, cobertura y frecuencia para determinar mediante algunos cálculos los índices de Dominancia, Dominancia relativa, densidad, densidad relativa, frecuencia, frecuencia relativa y Valor de importancia ecológica por especie (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974).

- Densidad: Número de individuos de una especie entre el área muestreada.
- Densidad relativa: Densidad de una especie entre la densidad de todas las especies.
- Dominancia: Es la cobertura de todos los individuos de una especie, entre el área muestreada.
- Dominancia relativa: Es la dominancia de una especie entre la dominancia de todas las especies.
- Frecuencia: Número de parcelas en las que se encuentra una especie.
- Frecuencia relativa. Es la frecuencia de una especie referida a la frecuencia total de todas las especies.
- Valor de importancia. Es la sumatoria de los valores relativos de la densidad, dominancia y frecuencia dividido entre tres.



### **Colecta de material botánico y herborización.**

Durante las mediciones en campo para el inventario de las comunidades vegetales, únicamente se colectaron muestras botánicas de las especies que no se reconocieron en campo así como aquellas que presentaron estructuras florales y fructíferas (excepto cactáceas). El número de ejemplares colectados (72) se herborizaron con la técnica de prensado y secado, se incluyeron en el herbario ANSM, ubicado en Buena vista, Saltillo, Coahuila. Para la identificación y determinación de las especies se utilizaron guías de campo y se consultó a especialistas. Posteriormente se realizó el listado florístico de las especies encontradas en el sitio de estudio (Apéndice 1).

### **Caracterización del suelo en la ZSCE La Trinidad**

El análisis de suelos es una herramienta muy importante en la agricultura y el manejo adecuada de los recursos naturales. No es una práctica común para los productores y manejadores debido a la falta de información, acceso a laboratorios y desconocimiento de su aplicación práctica. Por lo tanto se propuso caracterizar el tipo de suelo mediante un análisis general que proporciona datos de elementos físicos y químicos del sitio.

Con las muestras colectadas se realizó un análisis general y se obtuvieron datos como: Densidad aparente, Densidad de sólidos, Contenido de materia

orgánica, Potencial Hídrico, Presencia de carbonatos, Textura, Espacio poroso, Nitrógeno total, Capacidad de intercambio catiónico y conductibilidad eléctrica.

En el cuadro 2, se presentan la ubicación geográfica y características de los sitios muestreados, se identificaron en dos sitios del zacatal gipsófilo, con el nombre del sitio, número de muestra, profundidad y ubicación geográfica, un sitio se estableció en un área agrícola abandonada (AAA) y el otro en un área no impactada por la agricultura (ASIA).

Se levantaron muestras en cavidades de tres diferentes profundidades de 0-20 cm., 20-40 cm. y 40-60 cm., de las cuales se obtuvieron tres kilogramos de suelo.

Cuadro 2. Ubicación geográfica y característica de los sitios de muestreo de suelo.

Área Agrícola Abandonada (AAA)			Área sin Impacto Agrícola (ASIA)		
<b>Muestra 01</b>			<b>Muestra 01</b>		
Profundidad de 0 a 20 Cm.			Profundidad de 0 a 20 Cm.		
X= 0354363	Y= 2756627	Altura: 1878 msnm	X= 0351937	Y= 2757304	Altura: 1873 msnm
<b>Muestra 02</b>			<b>Muestra 02</b>		
Profundidad de 20 a 40 Cm.			Profundidad de 20 a 40 Cm.		
X= 0354370	Y= 2756621	Altura: 1875 msnm	X= 0351933	Y= 2757307	Altura: 1873 msnm
<b>Muestra 03</b>			<b>Muestra 03</b>		
Profundidad de 40 a 60 Cm.			Profundidad de 40 a 60 Cm.		
X= 0354371	Y= 2756629	Altura: 1874 msnm	X= 0351929	Y= 2757312	Altura: 1873 msnm

Los materiales utilizados son: una pocera, bolsa de plástico y geoposicionador satelital (GPS). Las muestras se enviaron al laboratorio del departamento de ciencias del suelo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro para su análisis.

### **El método de muestreo por banda para la evaluación de densidad de perrito llanero mexicano.**

Los muestreos para determinar la densidad de población de perrito llanero mexicano se hicieron en la primavera, el muestreo se realizó utilizando una banda como la que se muestra en la figura 4, para los sitios seleccionados aleatoriamente.

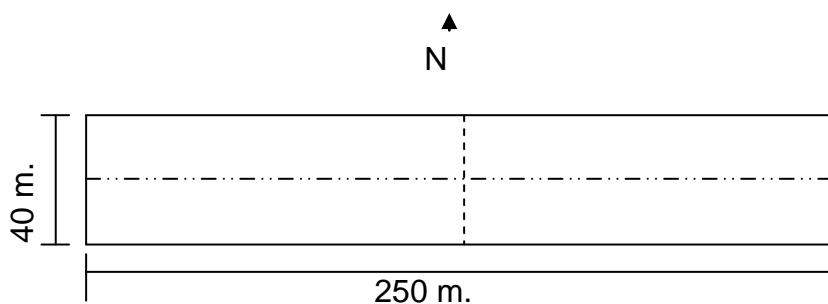


Figura 4. Gráfico de la banda para conteo de madrigueras.

El método de muestreo se utilizó considerando la etología de la especie y la homogeneidad del hábitat tanto para sitios impactados por la agricultura (AAA) como para sitios sin impacto agrícola (ASIA).

### **Estimación de la población del perrito llanero mexicano**

El estimador de la densidad se multiplica por su área y la sumatoria de parciales es el estimador del tamaño poblacional total. Además de incrementar la exactitud del resultado en áreas heterogéneas, el muestreo estratificado cuantifica la utilización de los hábitats y la distribución interna de los animales en el área de estudio (Ojasti, 2000).

En áreas constituidas por parches de diferentes ambientes, muchos animales se restringen a un solo tipo de hábitat. Por consiguiente conviene distinguir entre la densidad cruda y global ( $N/\text{área total}$ ) y la densidad ecológica ó efectiva ( $N/\text{área del hábitat efectivo}$ ) (Ojasti, 2000). Las variaciones entre ambas densidades pueden generarse debido al comportamiento de la especie que se estudia, efectos de las condiciones climáticas y antropológicas sobre el hábitat.

El muestreo consistió en el conteo del número de madrigueras activas e inactivas tomando como frontera del transecto de 20 metros de lado a lado de la línea central imaginaria con rumbo franco de Este a Oeste y una distancia de 250 metros, posteriormente a la obtención del número de madrigueras observó en campo la especie y se determinó el promedio de individuos por madriguera para determinar la densidad poblacional.

### **Análisis del cambio de uso de suelo en el área de estudio.**

El análisis multitemporal se define como un método de análisis espacial que permite evaluar los cambios que se han presentado en diferentes coberturas vegetales y uso de suelos, identificadas en las cartas topográficas e imágenes de satélite y con nomenclatura propia definidas en dichos documentos en dos o más periodos determinados.

La utilidad e importancia de los sistemas de información en los últimos años han ganado un gran reconocimiento y aceptación en los trabajos de planeación urbana y regional, manejo y planificación de los recursos naturales y arquitectura del paisaje. Actualmente la aplicación más avanzada de estos gestores de información para el manejo de recursos y ecología del paisaje es el uso de modelos de simulación (Johnson, 1990).

Walsh y Frank (1994) emplearon los sistemas de información geográfica para el análisis de comunidades vegetales relacionados con temas ecológicos como: representación de fenómenos espaciales y procesos; gradientes físicos ambientales; procesos biofísicos; vegetación y clima; disturbio y dinámica de comunidades y conservación de especies.

Los cambios temporales en las formas de los patrones del paisaje pueden ser analizados con particular énfasis en los efectos de los procesos antropogénicos y naturales (Turner y Ruscher, 1988). Dada la importancia del uso de sistemas

de información geográfica se realizó una revisión del impacto que las actividades antropogénicas han generado en el área de estudio y los cambios que estas han provocado en la cobertura y tipo de vegetación.

En el proceso de análisis se utilizaron las cartas edafológicas (CETENAL, 1971); G14C44 (La Hediondilla), G14C54 (Huachichil) y G14C55 (La Paz) del centro de estudios para el territorio nacional del año 1971, mediante las cuales se contextualizó y se obtuvo el marco de referencia de las condiciones de las coberturas que fueron comparadas posteriormente, además se utilizaron imágenes de satélite que se analizaron los aspectos cuantitativos y cualitativos de los cambios en el uso del suelo y vegetación en un periodo de 1971 al 2003.

La carta imagen digital G14C44, G14C54 y G14C55 consisten en una imagen que tiene el mismo contenido que la carta topográfica escala 1:50 000 impresa. Además del cuerpo del mapa, se incluye la leyenda marginal para facilitar su interpretación, elaboradas mediante procesos digitales a partir de datos vectoriales. La proyección. Es la universal transversa de mercator. Los archivos de la imagen en formatos tif y gif, se agregan datos de georeferencia, con la que esta imagen puede combinarse con otra información geográfica, utilizando herramientas adecuadas.

Basado en la metodología usada en Cruz (2006) y con el apoyo de un programa informático, material cartográfico, imágenes Landsat, además se obtuvo la poligonal de la ZSCE obtenida con un GPS (+/- 50 m), este polígono se

sobrepuso a las imágenes de satélite para los periodos correspondientes y se revisaron minuciosamente enfatizando sobre los impactos de la actividad agrícola sobre la vegetación y el suelo. El análisis consistió en la visualización de los cambios de la cobertura vegetal y suelo para determinar la superficie afectada por las actividades agrícolas. Se digitalizaron las áreas identificadas con diferentes tipos de vegetación en diferentes épocas. Posteriormente se obtuvieron los datos cuantitativos de las coberturas existentes en cada área.

### **Tasa de cambio en vegetación y uso del suelo**

Se ha considerado a la vegetación como uno de los indicadores más importantes de las condiciones naturales del territorio, y no sólo de las naturales como clima, suelo y agua sino también de las influencias antrópicas recibidas. Para ello realizamos una interpretación interdependiente con la ecuación utilizada por la FAO (1996) que expresa el cambio en términos porcentuales de la superficie al inicio de cada año.

$$C = ((S_2/S_1)^{1/n} - 1) * 100 \quad \text{donde:}$$

C = Tasa de cambio

S1 = Superficie en la fecha 1 (con el que se quiere comparar).

S2 = Superficie en la fecha 2 (reciente).

n = Número de años entre las dos fechas S1 y S2

## **Comparación de dos modelos para explicar el comportamiento y el impacto de la agricultura sobre la vegetación.**

En este caso se decide ordenar los datos de tal forma que permita conocer el modelo **(potenciación y exponencial invertido)** que mejor represente el gradiente de impacto que puede tener sobre las variables (mejor distribución de residuales y una mayor  $R^2$ ) en cada año, se tomó los datos de la evaluación para elegir el mejor modelo (Agricultura en periodos con tres valores).



## RESULTADOS

### **Composición de especies en la Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Trinidad.**

La vegetación del zacatal gipsófilo se compone por 22 familias, 58 géneros y 69 especies. En la figura 5, se presentan la participación de las familias con mayor riqueza de especies las principales son: Poaceae (17 especies), Asteraceae (13 especies), Chenopodiaceae (9), Brassicaceae (5), Fabaceae (3), Solanaceae (3), Euphorbiaceae (2) y los géneros con más especies son: *Atriplex* (4), *Bouteloua* (3) *Scleropogon*, *Erioneuron* (2), *Chenopidium* (2) y *Muhlenbergia* (2). Está integrada principalmente por hierbas anuales y perennes, escasos arbustos y árboles en la periferia del área de estudios, en estos árboles se encontró la especie epífita *Phoradendron densum*.

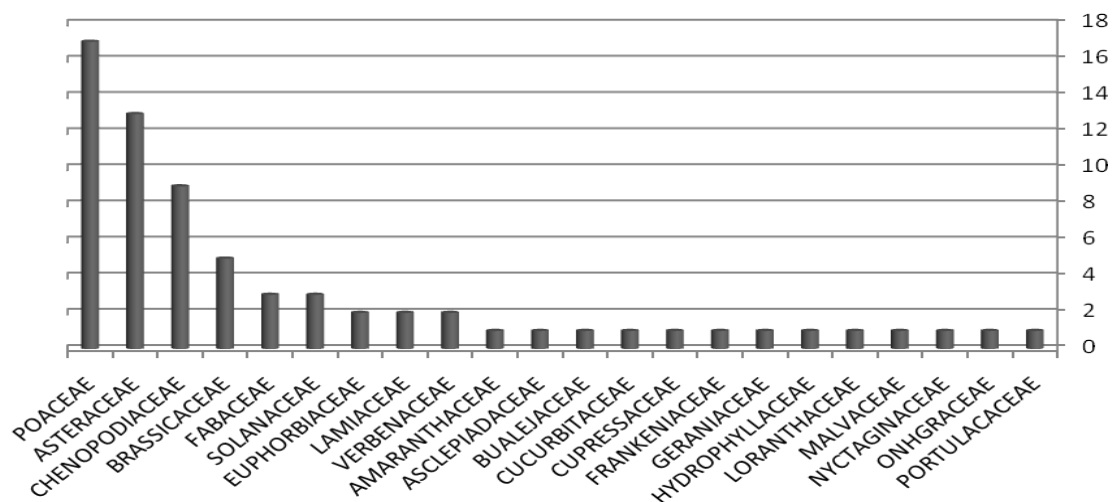


Figura 5. Composición por familias en el zacatal gipsófilo en La ZSCE La Trinidad.

En la figura 5, se observan los resultados de la composición total de la vegetación en el zacatal gipsófilo en La Trinidad, la familia Poaceae representa el 24.64%, Asteráceas (18.84%), Chenopodiaceae (13.04%), Brassicaceae, (7.24%), Fabaceae (4.43%), Solanaceae, (4.43%), Euphorbiaceae (2.9%), Lamiaceae (2.9%), Verbenaceae con (2.9%) y el resto de las familias únicamente llegan a representar el 1.45%.

La vegetación herbácea del zacatal gipsófilo se compone por 61 especies que representan el 82.43%, la vegetación arbustiva está compuesta por 12 especies que representan el 16.21% y una especie de árbol que representa el 1.35% de la vegetación total (Apéndice 1).

## Estructura de la vegetación en áreas sin impacto agrícola (ASIA) en el zacatal gipsófilo en la Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Trinidad

En el cuadro 3, se presenta la estructura de la vegetación con datos de la forma biológica (F.B.), dominancia relativa, densidad, densidad relativa, frecuencia relativa y valor de importancia ecológica (V.I.E %) por especie para ASIA.

Cuadro 3. Atributos estructurales para la vegetación del zacatal gipsófilo en áreas sin impacto agrícola en la ZSCE La Trinidad.

<b>ESPECIES</b>	<b>F.B.*</b>	<b>Dominancia Relativa (%)</b>	<b>Densidad (Ind/Ha)</b>	<b>Densidad Relativa (%)</b>	<b>Frecuencia Relativa (%)</b>	<b>V.I.E. ** (%)</b>
<i>Muhlenbergia villiflora</i>	H	56.84	145000.00	57.73	24.29	46.28
<i>Scleropogon brevifolius</i>	H	16.53	42750.00	17.02	12.86	15.47
<i>Bouteloua gracilis</i>	H	5.27	13666.67	5.44	7.14	5.95
<i>Frankenian gypsophila</i>	H	3.11	7916.67	3.15	11.43	5.90
<i>Lycium berlandieri</i>	A	3.08	5833.33	2.32	5.71	3.70
<i>Sporobolus airoides</i>	H	3.86	9666.67	3.85	2.86	3.52
<i>Koerberlinia spinosa</i>	A	1.88	2916.67	1.16	5.71	2.92
<i>Croton dioicus</i>	A	1.92	4916.67	1.96	4.29	2.72
<i>Muhlenbergia arenicola</i>	H	2.29	5916.67	2.36	2.86	2.50
<i>Atriplex acanthocarpa</i>	A	0.83	2166.67	0.86	5.71	2.47
<i>Bouteloua barbata</i>	H	0.29	750.00	0.30	2.86	1.15
<i>Suaeda nigrescens</i>	A	0.29	750.00	0.30	2.86	1.15
<i>Opuntia imbricata</i>	A	0.49	250.00	0.10	2.86	1.15
<i>Aristida divaricata</i>	H	0.67	1750.00	0.70	1.43	0.93
<i>Lepidium virginicum</i>	H	0.55	1416.67	0.56	1.43	0.85
<i>Conyza bonariensis</i>	H	0.54	1416.67	0.56	1.43	0.84
<i>Hoffmannseggia glauca</i>	H	1.15	3000.00	1.19	0.00	0.78
<i>Tiquilia canescens</i>	H	0.19	500.00	0.20	1.43	0.61
<i>Lesquerela fendleri</i>	H	0.19	500.00	0.20	1.43	0.61
<i>Machaeranthera gymnocephala</i>	H	0.03	83.33	0.03	1.43	0.50

\*F.B. Forma Biológica

\*\*V.I.E. Valor de importancia ecológica

A. Arbustivas y H. Herbáceas

Es decir, en espacios físicos dentro del área general de estudio en los que las condiciones son lo más cercana a la natural a pesar de la actividad agrícola preponderante que es la producción de papa, aunque existe actividad pecuaria con pastoreo extensivo sin manejo, representa un bajo porcentaje de uso del forraje natural de manera eventual en el transcurso del año, en el sitio existen acuerdos en los que se restringe el aprovechamiento del agostadero que ahora se destina a la conservación del pastizal y la fauna asociada.

En la vegetación herbácea de estos sitios del zacatal gipsófilo las especies dominantes son: *Muhlenbergia villiflora* (56.84%), *Scleropogon brevifolius* (16.53%), *Bouteloua gracilis* (5.27%), *Sporobolus airoides* (3.86%) y *Muhlenbergia arenicola* (2.29%). En el estrato arbustivo de las especies dominantes son: *Lycium berlandieri* (3.08%), *Croton dioicus* (1.92%), *Koeberlina spinosa* (1.88%).

Con estas condiciones, la estructura de la vegetación está conformada por plantas herbáceas y arbustivas, las hierbas más representativas en términos de densidad y valor de importancia ecológica son las especies: *Muhlenbergia villiflora* (145,000 individuos por hectáreas y representa el 46.28% en importancia de las especies presentes), *Scleropogon brevifolius* (42,750 individuos por hectáreas y representa el 15.47% en importancia de las especies presentes), *Bouteloua gracilis* (13,666.67 individuos por hectáreas y 5.95% en importancia de las especies presentes), *Frankenia gypsophylla* (7,916.67 individuos por hectáreas y 5.90% en importancia de las especies presentes) y

en el estrato arbustivo las especies más representativas en términos de densidad y valor de importancia ecológica son: *Lycium berlandieri* (5,833.33 individuos por hectáreas y representa 3.70% en importancia de las especies presentes), *Koeberlina spinosa* (2,916.67 individuos por hectáreas y representa 2.92% en importancia de las especies presentes), *Croton dioicus* (4,916.67 individuos por hectáreas y representa 2.72% en importancia de las especies arbustivas presentes).

## Estructura de la vegetación en áreas impactadas por la agricultura (AAA) en el zacatal gipsófilo en la Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Trinidad

En el cuadro 4, se presenta información de la vegetación en áreas agrícolas abandonadas, es en sitios del zacatal gipsófilo donde la agricultura intensiva generó impactos estructurales de la vegetación.

Cuadro 4. Atributos estructurales para la vegetación del zacatal gipsófilo en áreas agrícolas impactadas en la ZSCE La Trinidad.

<b>ESPECIES</b>	<b>F. B.</b>	<b>Dominancia Relativa (%)</b>	<b>Densidad (Ind/Ha)</b>	<b>Densidad Relativa (%)</b>	<b>Frecuencia Relativa (%)</b>	<b>V.I.E. (%)</b>
<i>Kochia scoparia</i>	H	77.02	113916.67	42.55	26.79	48.78
<i>Muhlenbergia villiflora</i>	H	8.15	78000.00	29.13	26.79	21.35
<i>Allionia incarnata</i>	H	5.43	23916.67	8.93	3.57	5.98
<i>Scleropogon brevifolius</i>	H	2.05	12166.67	4.54	7.14	4.58
<i>Salsola tragus</i>	H	1.28	8666.67	3.24	8.93	4.48
<i>Frankenia gypsophila</i>	H	2.53	4166.67	1.56	5.36	3.15
<i>Hoffmannseggia glauca</i>	H	0.80	8083.33	3.02	3.57	2.46
<i>Conyza bonariensis</i>	H	0.62	10666.67	3.98	1.79	2.13
<i>Bouteloua gracilis</i>	H	0.71	5083.33	1.90	3.57	2.06
<i>Atriplex acanthocarpa</i>	A	0.03	2083.33	0.78	3.57	1.46
<i>Opuntia cantabrigiensis</i>	A	0.59	166.67	0.06	3.57	1.41
<i>Solanum tuberosum</i>	A	0.70	666.67	0.25	1.79	0.91
<i>Opuntia imbricata</i>	A	0.08	83.33	0.03	1.79	0.63
<i>Euphorbia serrula</i>	H	0.01	83.33	0.03	1.79	0.61
<i>Lycium berlandieri</i>	A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

\*F.B. Forma Biológica

\*\*V.I.E. Valor de importancia ecológica

A. Arbustivas y H. Herbáceas

En la vegetación herbácea en sitios impactados del zacatal gipsófilo las especies dominantes son: *Kochia scoparia* (77.02%), *Muhlenbergia villiflora*

(8.15%), *Allionia incarnata* (5.43%), *Frankenia gypsophylla* (2.53%), *Scleropogon brevifolius* (2.05%), *Salsola tragus* (1.28%), *Solanum tuberosum* (0.70%) y el resto de las especies representan en conjunto el 2.14%, algunas de las especies del estrato arbustivo y herbáceo que se presentan en cero no se encontraron en la condición (AAA) estudiada. En el estrato arbustivo las especies dominantes son: *Opuntia cantabrigiensis* (0.59%), *Opuntia imbricata* (0.08%) y *Atriplex acanthocarpa* (0.03%).

El comportamiento de la vegetación en áreas agrícolas abandonadas está estructurada principalmente con plantas herbáceas y arbustivas, las especies más representativas en el estrato herbáceo por la densidad y valor de importancia ecológica son: *Kochia scoparia* (113,916.67 individuos por hectárea y representa 48.78% en importancia de las especies presentes), *Muhlenbergia villiflora* (78,000 individuos por hectárea y representa el 21% en importancia de las especies presentes), *Allionia incarnata* (23,916.67 individuos por hectárea y representa el 5.98% en importancia de las especies presentes), *Scleropogon brevifolius* (12,166.67 individuos por hectárea y representa el 4.58% en importancia de las especies presentes), *Salsola tragus* (8,666.67 individuos por hectárea y representa el 4.48% en importancia de las especies presentes) y *Frankenia gypsophylla* (4,166.67 individuos por hectárea y representa el 3.15% en importancia de las especies presentes), *Conyza bonariensis* (10,666.67 individuos por hectárea y representa el 2.13% en importancia) y *Hoffmannseggia glauca* (8,083.33 individuos por hectárea y representa el 2.36% en importancia).

El estrato arbustivo es poco representativo ó en algunos especies no se encuentran en estos sitios como se refleja en el cuadro 4, las especies más importantes por su densidad y valor de importancia son: *Atriplex acanthocarpa* (2,083.33 individuos por hectárea y representa el 1.46% en importancia), *Opuntia cantabrigiensis* (166.67 individuos por hectárea y representa el 1.41% en importancia).



### Características físicas y químicas del suelo en la ZSCE La Trinidad

El muestreo de suelos se desarrolló en dos sitios elegidos también para el muestreo de la vegetación del zacatal gipsófilo, el primero en un área sin impacto agrícola y el segundo en un área con impacto agrícola, con la finalidad de hacer un análisis comparativo sobre los cambios en las características físicas y químicas. Las muestras fueron analizadas en el laboratorio del Departamento de Ciencias del Suelo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro con resultados que se presentan en la figura 6.

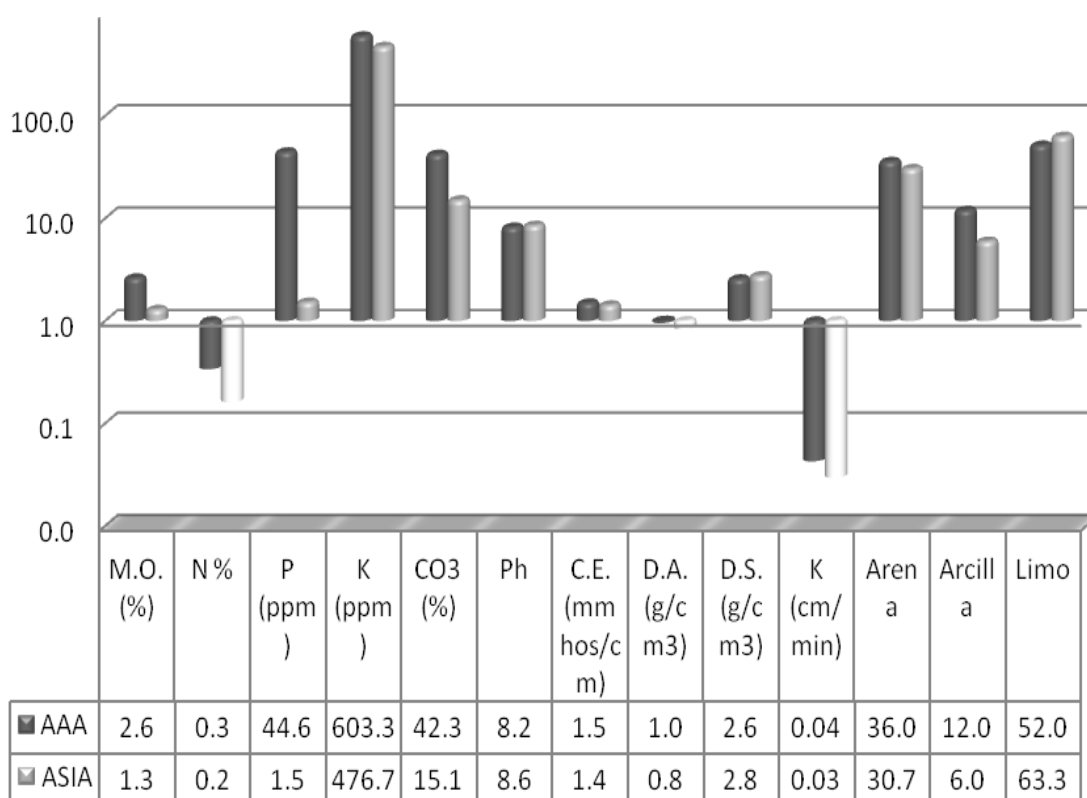


Figura 6. Análisis comparativo del suelo en dos condiciones de la ZSCE La Trinidad

En la figura 6, se presentan datos obtenidos en el análisis con variaciones interesantes en los resultados, dadas las condiciones y vocación natural de este tipo de suelo se hizo la comparación entre sitios libres de uso agrícola y sitios impactados por la agricultura que ya han sido abandonados.

### **Contenido de materia orgánica**

El cuadro 5, presenta el nivel de contenido de materia orgánica presente en este tipo de suelo es de 3% en la capa superficial de 0 a 20 cm, en capas más profundas de 40 a 60 cm, la cantidad es considerablemente menor (0.29%), esto considerando que no ha sido impactado por la actividad agrícola.

Cuadro 5. Contenido de Materia Orgánica (Porcentaje)

<b>Muestra</b>	<b>Profundidad</b>	<b>Área Agrícola Abandonada (AAA)</b>	<b>Área sin Impacto Agrícola (ASIA)</b>
<b>Muestra 01</b>	0 a 20 Cm	4.43	3.00
<b>Muestra 02</b>	20 a 40 Cm	3.17	0.60
<b>Muestra 03</b>	40 a 60 Cm	0.29	0.29

Por el contrario, en los sitios que mantuvieron en algún periodo la producción agrícola se incrementó la cantidad de materia orgánica en 1.43%, debido principalmente al incremento de esquilmos de la producción de papa y al proceso de sucesión secundaria eventual de vegetación herbácea anual que se establecen posteriormente a dicha actividad.

## Nitrógeno Total

Cuadro 6. Contenido de Nitrógeno Total (Porcentaje)

Muestra	Profundidad	Área Agrícola Abandonada (AAA)	Área sin Impacto Agrícola (ASIA)
Muestra 01	0 a 20 Cm	0.54	0.35
Muestra 02	20 a 40 Cm	0.42	0.09
Muestra 03	40 a 60 Cm	0.06	0.05

Los niveles de nitrógeno en este tipo de suelo es bajo, los datos de laboratorio revelan un rango de 0.05% a 0.35% de mayor a menor profundidad respectivamente para las áreas que no presentan impacto agrícola. Para el caso de las áreas con impacto agrícola presentan niveles de nitrógeno de 0.06% a 0.54% de mayor a menor profundidad respectivamente, en el análisis comparativo del cuadro 6, se observan cambios significativos de 19%, esto se debe a que para la producción de la papa utilizan agroquímicos con alto contenido de nitrógeno para incrementar la fertilidad y los rendimientos del producto al corto plazo sean los deseados. Dado que estos productos químicos son residuales, es decir, no se degradan fácilmente y fomentan el crecimiento de especies indeseables ecológicamente como la *Kochia scoparia* y *Salsola tragus*.

## Densidad aparente

Cuadro 7. Análisis de la densidad Aparente del suelo (g/cm<sup>3</sup>)

Muestra	Profundidad	Área Agrícola Abandonada (AAA)	Área sin Impacto Agrícola (ASIA)
Muestra 01	0 a 20 Cm	1.00	0.92
Muestra 02	20 a 40 Cm	0.90	0.80
Muestra 03	40 a 60 Cm	0.96	0.77

En las áreas sin ningún tipo de agricultura la compactación del suelo es menor hasta un 0.08 miligramos por centímetro cubico que en áreas donde el impacto de la agricultura es evidente, en el cuadro 7, se aprecia que en tales sitios (AAA) que la compactación del suelo es relativamente alto, aún en profundidades mayores en comparación de la capa superficial de otros sitios (ASIA).

## Potencial Hídrico:

Cuadro 8. Análisis del Potencial Hídrico en dos condiciones de suelo

Muestra	Profundidad	Área Agrícola Abandonada (AAA)	Área sin Impacto Agrícola (ASIA)
Muestra 01	0 a 20 Cm	8.0	8.2
Muestra 02	20 a 40 Cm	8.2	8.8
Muestra 03	40 a 60 Cm	8.5	8.7

La capacidad hídrica del suelo o los niveles de acidez en las áreas que no han sido impactadas por la agricultura presenta rangos de 8.2 a 8.8 de menor a

mayor profundidad. Para el otro caso (AAA) se observa una disminución en esta característica química (Cuadro 8).

### Presencia de carbonatos

Cuadro 9. Análisis de los Carbonatos totales del suelo (Porcentaje de CO<sub>3</sub>)

Muestra	Profundidad	Área Agrícola Abandonada (AAA)	Área sin Impacto Agrícola (ASIA)
Muestra 01	0 a 20 Cm	58.15	17.41
Muestra 02	20 a 40 Cm	58.15	15.47
Muestra 03	40 a 60 Cm	10.62	12.56

La presencia de carbonatos se incrementó más del 300% en los primeros niveles de profundidad para los sitios con impacto agrícola, caso contrario para una profundidad de tercer nivel que disminuyó cerca del 2% con relativa significancia (Cuadro 9).

### Textura

Cuadro 10. Textura del suelo en dos condiciones (Porcentaje)

Muestra	Profundidad	Área Agrícola Abandonada (AAA)			Clase	Área sin Impacto Agrícola (ASIA)			Clase
		Arena	Arcilla	Limo		Arena	Arcilla	Limo	
M 01	0 a 20 Cm	32	22	46	Migajón	22	10	68	Migajón-Limoso
M 02	20 a 40 Cm	30	10	60	Migajón-Limoso	24	4	72	Migajón-Limoso
M 03	40 a 60 Cm	46	4	50	Migajón-Limoso	46	4	50	Migajón-Limoso

Los cambios en la textura del suelo (Cuadro 10) se presentaron en los primeros dos niveles de profundidad pasando de migajón-limoso a migajón de 0 a 20 cm, principalmente en los sitios que fueron impactados por la agricultura que en condición normal el limo y la arcilla representan 68 y 10 por ciento, disminuyendo e incrementando en 22 y 12 por ciento respectivamente, además incrementando un 10% en arena. Este análisis deja claro que la agricultura intensiva tiene efectos negativos directos en la estructura física del suelo.

**Densidad de población de perrito llanero (*Cynomys mexicanus*) en la ZSCE La Trinidad.**

**Densidad de madrigueras activas e inactivas en sitios sin impacto de la agricultura intensiva.**

En el cuadro 11, se presentan datos obtenidos en sitios que no presentan impacto de la agricultura intensiva (ASIA), en el que se encontraron madrigueras activas e inactivas, en el contexto general del área se contaron la existencia de cada una de ellas en cada sitio seleccionado.

Cuadro 11. Densidad de población de *Cynomys mexicanus* en sitios sin impacto de la agricultura intensiva sobre el hábitat.

TRANSECTO	MADRIGUERA			DENSIDAD (Ind/ha)
	ACTIVA	INACTIVA	TOTAL	
SITIO A02	19	12	31	85
SITIO A05	17	11	28	78
SITIO A07	33	5	38	148
SITIO A12	16	12	28	72
SITIO A13	20	9	29	90
SITIO A14	25	7	32	114
SITIO A15	22	8	30	99
SITIO A17	14	7	21	65
SITIO A18	25	5	30	112
SITIO A19	23	9	32	103
AN1	41	13	54	185
AN2	37	30	67	167
AN3	32	34	66	144
AN4	39	21	60	175
AN5	16	17	33	72
AN6	42	32	74	189
AN7	35	23	58	158
AN8	33	19	52	148
AN9	35	28	63	157
AN10	18	35	53	81
<b>TOTAL</b>	<b>543</b>	<b>337</b>	<b>880</b>	<b>2446</b>
<b>MEDIA</b>	<b>27.2</b>	<b>16.9</b>	<b>44.0</b>	<b>122.3</b>

En las áreas naturales, es decir que no presentan ningún tipo de impacto de la agricultura intensiva (ASIA) sobre la cobertura vegetal y el suelo se encontró que 543 madrigueras activas que representan el 61.8% y 337 madrigueras inactivas que representan el 38.2% que no presentaban indicios de actividad animal. La densidad de madrigueras activas es de 27.2 y 16.9 madrigueras inactivas en promedio por hectárea, lo que significa que la media de individuos por madriguera activa según las observaciones hechas en este sitio es de 4.5 por lo tanto la densidad media es de 122.3 ind/ha (Cuadro 11).

En la figura 7, se presenta las variaciones en el comportamiento de la densidad de madrigueras en sitios sin impacto agrícola, la baja densidad de vegetación afecta directamente sobre la población del perrito llanero y no es la excepción debido al pastoreo de cabras y ganado caballar principalmente que remueven el suelo propiciando erosión eólica particularmente en suelos yesosos.

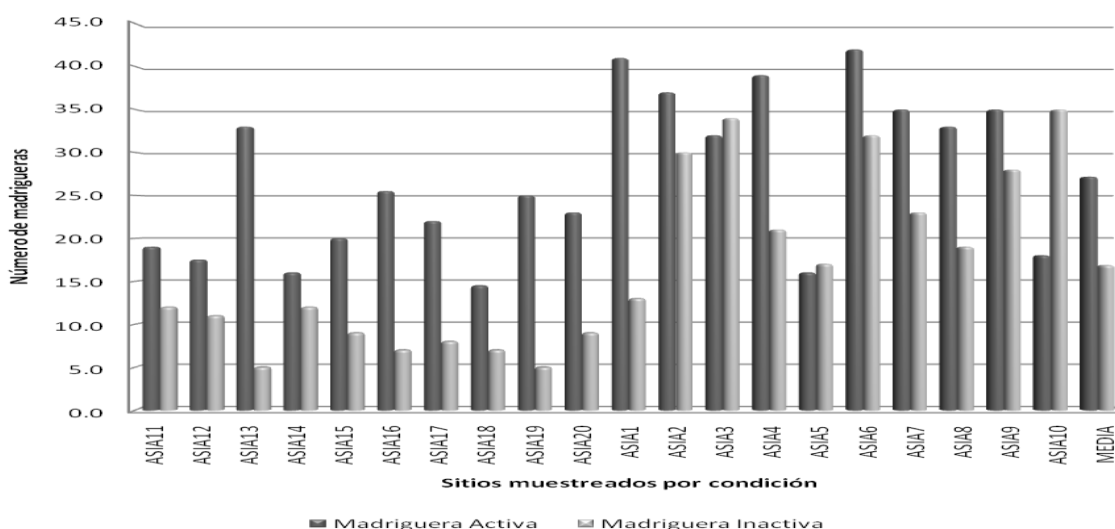


Figura 7. Comportamiento de la densidad de madrigueras por sitio en ASIA en la ZSCE La Trinidad



### Densidad de madrigueras activas e inactivas en sitios con impacto de la agricultura intensiva sobre el hábitat.

En los sitios que presentan impacto de la agricultura intensiva (AAA) y que se encuentran abandonadas desde hace varios ciclos agrícolas, el periodo que presentó uso del suelo para la actividad agrícola es en el año 2004 con 400 hectáreas aproximadamente tan solo en este sitio y 80 hectáreas en 2007 que se encuentran en desuso actualmente.

Cuadro 12. Densidad de población de *Cynomys mexicanus* en sitios con impacto de la agricultura intensiva sobre el hábitat.

TRANSECTO	MADRIGUERA			DENSIDAD (Ind/Ha)
	ACTIVA	INACTIVA	TOTAL	
SITIO A01	0	0	0	0
SITIO A03	23	11	34	80
SITIO A04	0	0	0	0
SITIO A06	0	0	0	0
SITIO A08	0	0	0	0
SITIO A09	15	4	19	52
SITIO A10	0	0	0	0
SITIO A11	0	0	0	0
SITIO A16	17	9	26	59
SITIO A20	27	9	36	94
AA1	32	24	56	112
AA2	22	12	34	77
AA3	32	17	49	112
AA4	24	9	33	84
AA5	0	0	0	0
AA6	23	15	38	80
AA7	9	6	15	31
AA8	17	3	20	59
AA9	28	8	36	98
AA10	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>269</b>	<b>127</b>	<b>396</b>	<b>941</b>
<b>MEDIA</b>	<b>13.5</b>	<b>6.4</b>	<b>19.8</b>	<b>47.1</b>

En el cuadro 12, se observó una participación de madrigueras en sitios impactados por la agricultura intensiva, en el total del área muestreada se encontró un total de 396 madrigueras de las cuales 269 madrigueras activas que representan el 67.9% y 127 madrigueras inactivas que representan el 32.1% que habían sido abandonadas por alguna razón. En la figura 8, se presenta el comportamiento de la densidad de madrigueras activas para estos sitios es 13.5 y 6.4 madrigueras inactivas en promedio por hectárea en las que se observó un promedio de 3.5 individuos por madriguera, por lo tanto la densidad de perrito llanero mexicano es 47.1 individuos por hectáreas. Se observa que en algunos sitios no se encontraron madrigueras como consecuencia de las labores culturales para la producción de papa con periodos de abandono tan reciente como una temporada anterior.

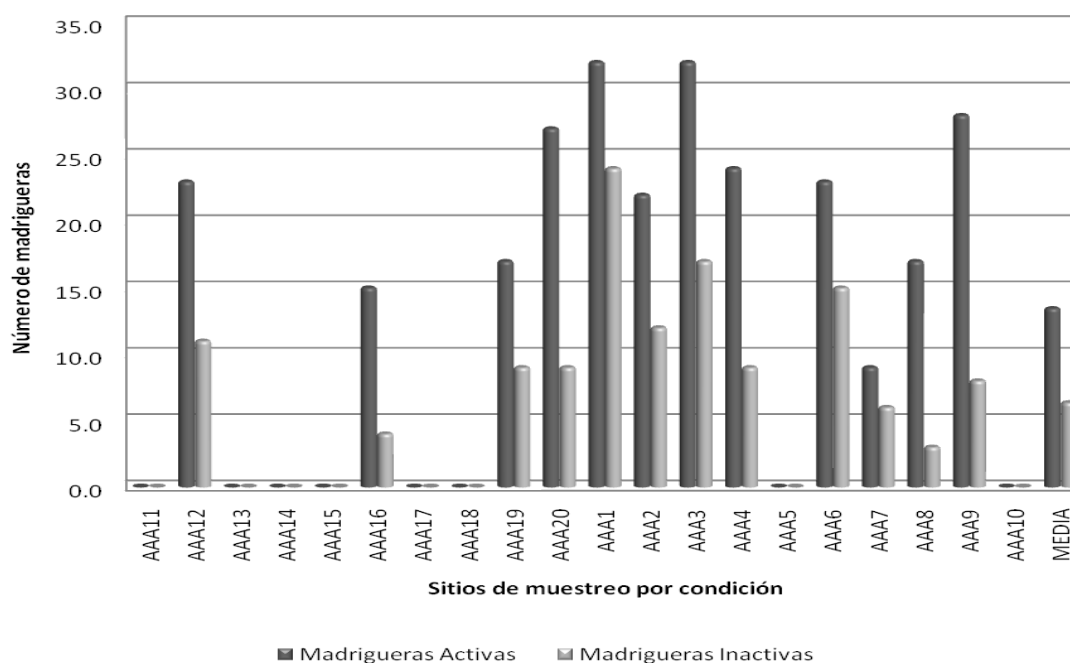


Figura 8. Comportamiento de la densidad de madrigueras por sitio en AAA en la ZSCE La Trinidad.

## **Comparación de la densidad de población del perrito llanero en sitios con Impacto de la agricultura intensiva sobre el hábitat**

En los cuadros anteriores se presenta el comportamiento de las madrigueras activas e inactivas en dos condiciones diferentes encontradas en el área de estudio, además se incluyen valores de la densidad de perrito llanero mexicano que presenta diferencias significativas en ambos estratos estudiados. Las variaciones en la densidad por hectárea calculada para cada sitio, es notoria la diferencia existente en sitios sin impacto agrícola con una densidad media de 122.3 y rango de 65.5 a 184.5 individuos por hectárea, en la totalidad de los sitios (ASIA) presentan valores mayores a la densidad media (47.1) a los encontrados en los sitios con impacto agrícola (AAA) y rango de 0 (cero) a 98 individuos por hectárea.

En sitios sin impacto (ASIA) donde la densidad es menor a la media se debe a las condiciones naturales del área, vegetación herbácea con suelo desnudo con coberturas de 60 a 80 por ciento, largos periodos de sequía y cercanía a zonas con vegetación arbustiva.

Solo en el 60% de los sitios con impacto agrícola (AAA) se encontró presencia del perrito llanero mexicano con densidades relativamente baja como consecuencia de la sucesión eventual de la vegetación existente en estas áreas porque no permite buena visibilidad, ni suficiente alimento para que el perrito llanero se establezca en el corto plazo, en conclusión, el perrito llanero está

regresando a ocuparlos en un periodo largo tomando en consideración el tiempo de abandono de los sitios usados para la agricultura. (Figura 9)

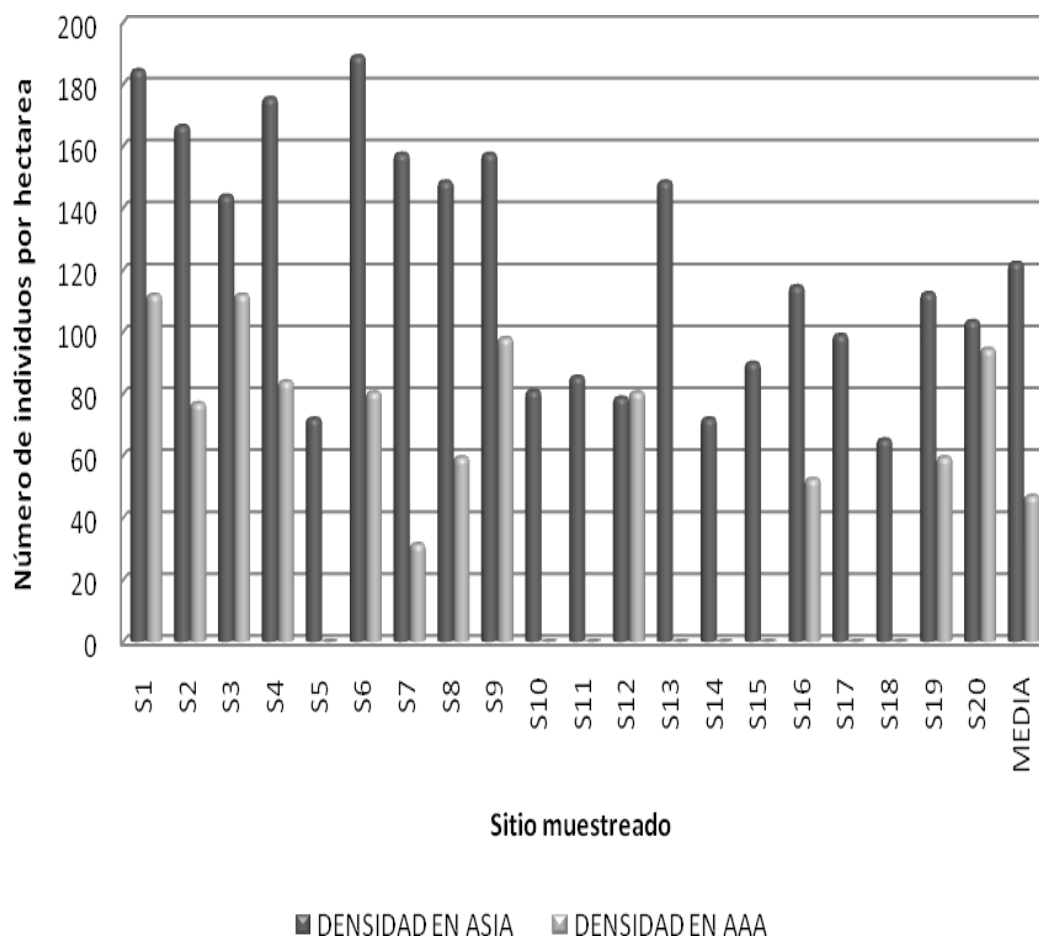


Figura 9. Comportamiento de la densidad de perrito llanero por sitio de muestreo y condición ecológica.

## **Análisis multitemporal del cambio de uso de suelo y vegetación en la Zona Sujeta a Conservación Ecológica (ZSCE) La Trinidad.**

En el municipio de Galeana los cultivos principales son la papa y alfalfa, las cuales se comercializan a nivel nacional. Aunque en últimas fechas se ha iniciado un tipo de siembra de tomate, chile y calabaza con cubiertas de plástico y los sistemas de producción en invernaderos. El principal problema es el cambio de uso del suelo para la actividad agrícola, los sistemas de riego tecnificados aceleran la erosión, la compactación y salinización del suelo. Esto genera productividad temporal y abandono de las mismas para incrementar la ampliación de la frontera agrícola en la región, sin contar con la creación de nuevos caminos que favorece la fragmentación y disminución de la calidad del hábitat del perrito llanero.

### **Cambios en la cobertura de la vegetación y uso del suelo en la ZSCE La Trinidad en el periodo de 1971-2003.**

La información que se obtuvo de las cartas topográficas nos proporciona información con detalles y datos consistentes en tipos de vegetación y suelo en el año de 1971. Para validar la información que las cartas aportan se realizó un recorrido por el área para revisar la situación actual de la distribución de las diferentes cubiertas de vegetación y condición del suelo.

En el cuadro 13, se presenta información que resultó del análisis de las cartas de uso de suelo y vegetación e imágenes de satélite en las que se observó cambios importantes en torno a la superficie de los diferentes tipos de cubierta.

Cuadro 13. Cambios de superficie (Ha) en diferentes tipos de cobertura en la ZSCE La Trinidad.

Cobertura	1971	1999	2003
Agricultura	19.9	354.27	1188.73
Bosque de Juníperos	32.4	54.61	37.32
Matorral gipsófilo	1555.23	422.97	267.00
Zacatal gipsófilo	1389.4	2053.57	1789.61
Zacatal gipsófilo con matorral subinorme	75.66	0	0.00
Zacatal inducido	210.01	0	0.00
Erosión	0	397.16	0.00

Los cambios de coberturas se presentaron principalmente en la agricultura que pasó de 19.90 a 1,188.73 hectáreas y el matorral gipsófilo de 1,555.23 a 267 hectáreas y algunas variaciones en el zacatal gipsófilo como se pueden observar con mayor detalle en la figura 10.

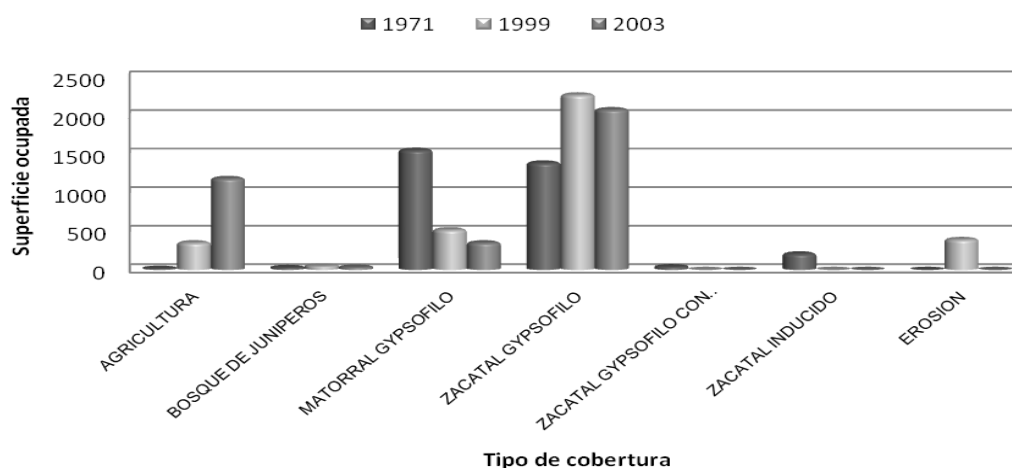


Figura 10. Comparación de los cambios en la cobertura en periodo de 1971-2003.

## Cambio de uso de suelo y cobertura de la vegetación en la ZSCE La Trinidad para el periodo 1971-2003

Cuadro 14. Cambio de la superficie (Ha) y tasa de cambio (%) por cobertura del periodo 1971-1999

<b>Cobertura</b>	<b>1971</b>	<b>1999</b>	<b>Cambio en superficie</b>	<b>Tasa de cambio</b>
Agricultura	19.9	354.27	334.37	-81.55
Bosque de Juníperos	32.4	54.61	22.21	-98.25
Matorral gipsófilo	1555.23	422.97	-1132.26	-99.72
Zacatal gipsófilo	1389.4	2053.57	664.17	-98.47
Zacatal gipsófilo con matorral subinerme	75.66	0	-75.66	-100.00
Zacatal inducido	210.01	0	-210.01	-100.00
Erosión	0	397.16	397.16	100.00

En el cuadro 14, se observan los cambios en la cobertura que sucedieron en el periodo de 1971 a 1999, estos cambios se presentaron principalmente en las áreas cubiertas por matorral gipsófilo que disminuyó en 1,132.26 hectáreas en un periodo de 28 años con una tasa de cambio de 99.72%, este cambio fue favorecido por el sobre apacentamiento de ganado caprino, bovino y equino, el zacatal gipsófilo también presentó un cambio a favor de 664.17 hectáreas, ese incremento es observado en función de la disminución del matorral gipsófilo que puede estar influenciada por el desplazamiento natural o coercitivo de la población de perrito llanero mexicano además de la contribución negativa de la agricultura sobre los diferentes tipos de cobertura, la erosión en 1971 no fue contabilizado pero para el periodo de 1999 ya se pudo registrar el crecimiento de la erosión en 397.16 hectáreas, estos cambios pueden estar asociados a dos aspectos principalmente; el primero es la agricultura intensiva que para este periodo fue de 354.27 hectáreas y posteriormente por la erosión eólica en

menor intensidad. Otro caso relevante es el zacatal gipsófilo con matorral subinerme que desapareció en el mismo periodo.

### **Cambio de uso de suelo y cobertura de la vegetación en la ZSCE La Trinidad para el periodo 1999-2003**

Cuadro 15. Cambio de la superficie (Ha) y tasa de cambio (%) por cobertura del periodo 1999-2003.

<b>Cobertura</b>	<b>1999</b>	<b>2003</b>	<b>Cambio en superficie</b>	<b>Tasa de cambio</b>
Agricultura	354.27	1188.73	834.46	-95.69
Bosque de Juníperos	54.61	37.32	-17.29	-99.12
Matorral gipsófilo	422.97	267.00	-155.97	-99.19
Zacatal gipsófilo	2053.57	1789.61	-263.96	-98.88
Zacatal gipsófilo con matorral subinerme	0	0.00	0.00	0.00
Zacatal inducido	0	0.00	0.00	0.00
Erosión	397.16	0.00	-397.16	-100.00

Para el periodo 1999-2003 presentado en el cuadro 15, los cambios en las diferentes coberturas fueron menos impactantes para algunos casos, el más importante en este periodo es la agricultura que se incrementó en 834.46 hectáreas, el zacatal gipsófilo disminuyó en 263.96 hectáreas, el matorral gipsófilo disminuyó en 155.97 hectáreas y no se reporta erosión en este periodo, cabe mencionar que esta cobertura disminuyó debido a que fue transformada en áreas agrícolas de la misma forma que el matorral gipsófilo y zacatal gipsófilo.

En todos los casos la agricultura intensiva tiene una participación importante para que los cambios en el uso de suelo y vegetación sean diferentes a los que



originalmente presentaron, estos espacios que en su momento sostuvieron algún tipo de vegetación fueron convertidos a la agricultura y están regresando a su estado original en tasas de cambio positivas muy bajas en comparación con las negativas que presentaron en este estudio.

**Aplicación de los modelos; Ley de potencia, exponencial invertido para evaluar el impacto de la agricultura intensiva sobre la vegetación.**

En el siguiente cuadro se muestran los cambios en la superficie en tres diferentes coberturas encontradas en la ZSCE La Trinidad para realizar el arreglo de los datos y evaluar el impacto de la agricultura intensiva sobre la vegetación en los tres periodos y diferentes rangos de tiempo.

Cuadro 16. Arreglo de datos de los cambios de superficies para modelo estadístico

Año (X)	Agricultura	Zacatal Gipsófilo	Otro tipo de vegetación
1971	19.9	1389.4	1873.3
1999	354.27	2053.57	874.74
2003	1188.73	1789.61	304.32

En la figura 11, se observa la variación del impacto de la agricultura intensiva que mantiene un crecimiento sostenido hasta el año 1999 donde inicia el auge y un salto mayor al 100%, que lleva a la disminución de otro tipo de vegetación y el zacatal gipsófilo, importante para el sostenimiento del hábitat del perro llanero mexicano.

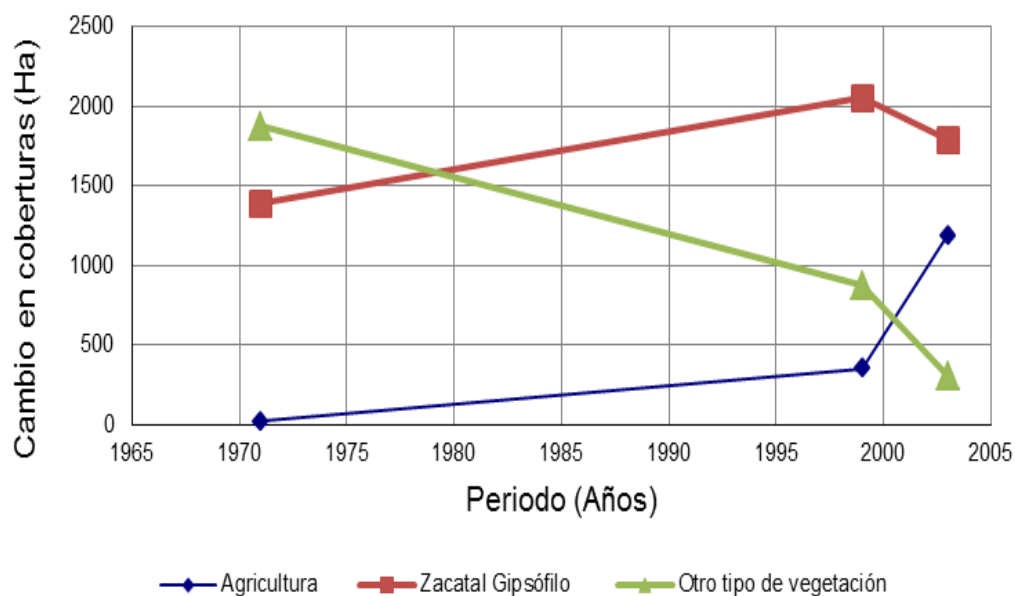


Figura 11. Impacto de la agricultura sobre la vegetación en la ZSCE La Trinidad.

### Representación de la agricultura con dos modelos; Modelo de la ley de la potencia y exponencial invertido.

En el cuadro 17, se presentan datos del resultado del doble logaritmo obtenido al correr los dos modelos.

Cuadro 17. Representación de impacto con datos de los modelos.

Año (X)	Agricultura	Ln de X	Potenciación	Año (X)	Exponencial
1971	19.9	7.586296307	2.99071973	1971	2.990719732
1999	354.27	7.600402335	5.87005933	1999	5.870059334
2003	1188.73	7.602401336	7.08064079	2003	7.080640789

En este caso se decide ordenar los datos de tal forma que permita conocer cuál de los dos modelos probados (**potenciación, exponencial invertido**) es el

mejor y represente el gradiente de impacto que pueden presentar las variables (mejor distribución de residuales y R2 mayor) en cada año, se tomó los datos de la evaluación para elegir el mejor modelo (Agricultura en tres años con tres valores).

En la figura 12, se representa la distribución residual del modelo de la ley de potenciación es buena, pero la obtenida en el modelo exponencial invertido comparativamente es mejor. La R cuadrada del modelo de la ley de potenciación es muy buena, pero el otro modelo, presentó la mejor, además los puntos están más cercanos a la línea de regresión.

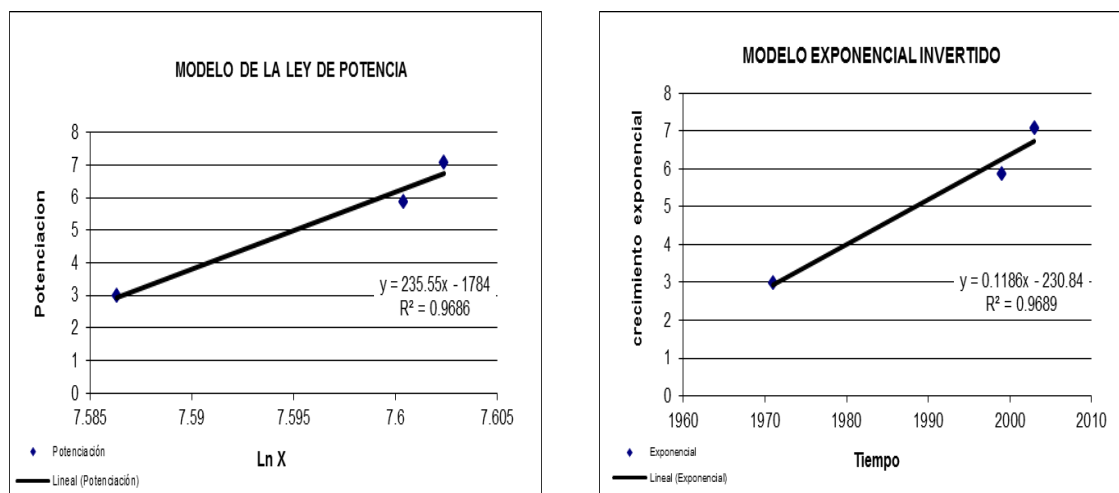


Figura 12. Representación estadística de impacto de la agricultura con datos de los dos modelos.

Por lo tanto se corrieron los datos con el modelo exponencial invertido con las variables más importantes como la agricultura sobre las coberturas como el zacatal gipsófilo y otro tipo de vegetación y su impacto de los que se obtuvieron los resultados que se presentan en el cuadro 18.

En el desarrollo del análisis se obtuvieron datos que van desde el año 1960 hasta el año 2020 para las tres coberturas y su impacto en el modelo que nos ofrece un crecimiento exponencial para la cobertura de la agricultura y positivo sostenido del zacatal gipsófilo pero con un comportamiento negativo para otros tipos de vegetación.

Cuadro 18. Modelación del impacto en la superficie ocupada (Ha) de la agricultura y otras coberturas en la ZSCE La Trinidad.

<b>Año (X)</b>	<b>Impacto de la Agricultura</b>	<b>Impacto del Zacatal gipsófilo</b>	<b>Impacto de otro tipo de vegetación</b>
1960	5.03	1170.28	3222.78
1965	9.11	1230.90	2561.89
1970	16.48	1294.66	2036.52
1971	18.55	1307.80	1945.16
1975	29.81	1361.71	1618.90
1980	53.95	1432.25	1286.91
1985	97.61	1506.43	1023.01
1990	176.62	1584.46	813.22
1995	319.58	1666.53	646.45
1999	513.58	1735.24	538.02
2000	578.25	1752.85	513.89
2003	825.34	1806.78	447.78
2005	1046.28	1843.65	408.50
2010	1893.15	1939.14	324.73
2015	3425.49	2039.58	258.14
2020	6198.11	2145.23	205.20

Como se presenta gráficamente en la figura 13, lo que indica que para el año 2020 la superficie ocupada por la agricultura sería del doble con la que cuenta la ZSCE La Trinidad y que es probable que el zacatal gipsófilo pueda crecer en forma sostenida pero lenta y otro tipo de vegetación pudiera alcanzar los niveles más bajos hasta la desaparición en esta área.

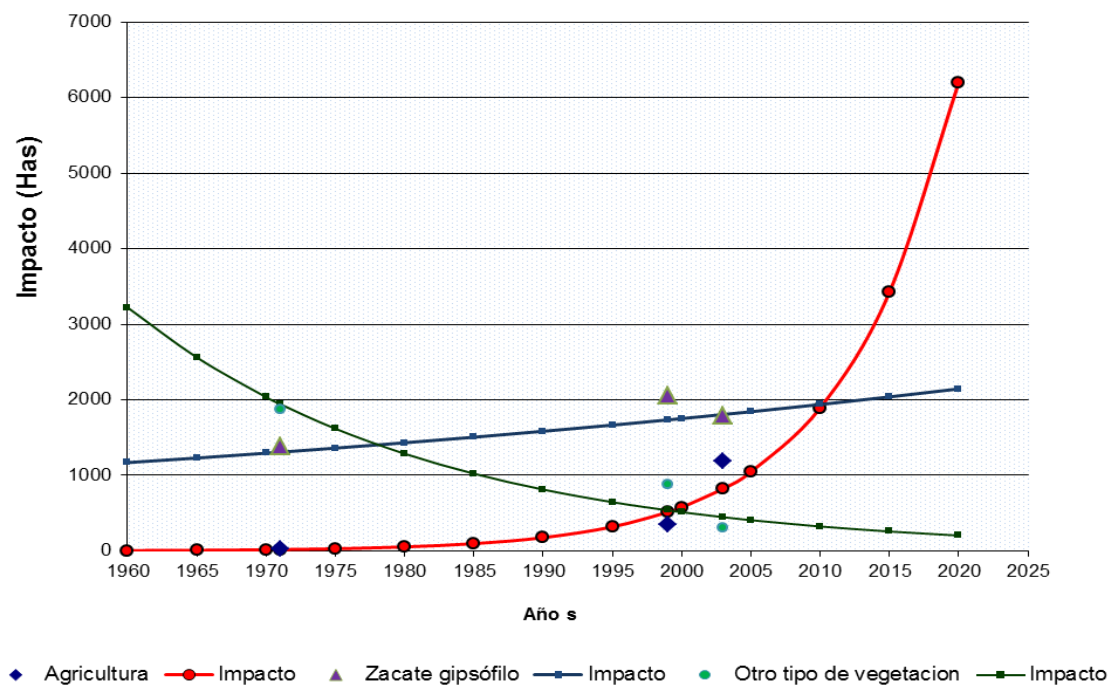


Figura 13. Comportamiento de la agricultura y su impacto sobre la vegetación en la ZSCE La Trinidad.

## DISCUSION

### **Composición y estructura del zacatal gipsófilo.**

Las características de la vegetación en La Trinidad es homogénea con excepción de sitios impactados por las actividades agrícolas, el pastizal gipsófilo en La Trinidad está formado principalmente de gramíneas que representan el (91.21%) en dominancia. La vegetación arbustiva está compuesta principalmente por las especies: *Lycium berlandieri*, *Koeberlina spinosa* entre las más importantes en sitios bien definidos de la periferia del área y la especie arbórea presente es: *Juniperus monosperma*. Además de las especies que se han mencionado también encontramos *Scleropogon brevifolius*, *Frankenia gypsophylla* y en las áreas con disturbio por actividad agrícola se han encontrado otras especies invasoras generadas en la sucesión de especies como *Kochia scoparia* y *Salsola tragus*. Scott *et al.* (2004) encontraron que la reducción de este tipo de vegetación es mayor al 70%, esto ha declinado la disposición de hábitat para especies propias de la región.

### **Impacto de la agricultura intensiva sobre el zacatal gipsófilo.**

Los componentes del suelo de La Trinidad en condiciones naturales presentan valores en Nitrógeno de 0.2%, Materia Orgánica de 1.3% y Textura (Arena 30.7%, Arcilla 6% y Limo 63.3%) entre otros. El suelo clímax es menos fácil dañado, es más permanente que la vegetación y su regresión se retarda por mucho tiempo (Medina, 1972). En el área de estudio existen espacios que fueron utilizados para la agricultura intensiva que están abandonadas debido a los efectos negativos provocados por la aplicación de agroquímicos. En sitios impactados por la agricultura se encontraron cambios porcentuales en los componentes del suelo como: Nitrógeno (0.3%), Materia orgánica (2.6%), y Textura del suelo (Arena 36%, Arcilla 12% y Limo 52%) debido a los procesos intrínsecos de la actividad agrícola, que se ha desarrollado a pesar de las condiciones climáticas y la vocación del suelo del zacatal gipsófilo tanto en la ZSCE La Trinidad y sus alrededores como en otros sitios destinados a la conservación de los recursos naturales. Según Treviño (1998) el impacto de la agricultura en la zona es de grandes proporciones, ya que tan sólo en los últimos diez años los pastizales naturales se han reducido en un 40 % en la región de El Tokio.

### **Comportamiento de la densidad de madrigueras activas e inactivas en la ZSCE La Trinidad.**

González en 1990 encontró que la diferencia de la densidad poblacional del perrito llanero entre colonias consideradas jóvenes y viejas es marcada; en las

primeras se tiene un promedio de 48 animales por hectárea, mientras que en las segundas es de casi 35 ejemplares. Pérez *et. al.*, (2003) reportaron para el Rancho Los Ángeles que las 200 madrigueras que existen por hectárea en las colonias viejas 156 se encuentran activas y 44 inactivas, y 80 madrigueras que se encuentran en la colonia nueva solo 40 de ellas se encuentran ocupadas y las otras 40 se encuentran inactivas, lo cual es 2.5 veces más que la densidad de madrigueras construidas en las colonias nuevas. En La Trinidad se encontró que la densidad de 27.2 madrigueras activas y 16.9 madrigueras inactivas en promedio por hectárea en sitios sin impacto agrícola (ASIA) y en sitios con impacto agrícola (AAA) presentó una densidad de 13.5 madrigueras activas y 6.4 madrigueras inactivas en promedio por hectárea por lo tanto la densidad de madrigueras activas en los sitios sin impacto agrícola es 2.01 veces mayor que en los sitios impactados.

### **Densidad de perrito llanero mexicano en la ZSCE La Trinidad**

González (1990) reporta que la densidad poblacional del *Cynomys mexicanus* es alta, calculando un promedio total de 44.7 perritos llaneros por hectárea en 12 colonias estudiadas. Este promedio se contabiliza en varias colonias en las que algunas pueden presentar una muy alta o muy baja densidad. En la ZSCE La Trinidad encontramos que la densidad media es alta con 4.5 individuos por madriguera activa lo que resulta 122.3 individuos/hectárea en sitios sin impacto agrícola y para sitios impactados por la agricultura intensiva que se observó un



promedio de 3.5 individuos por madriguera, por lo tanto la densidad media de perrito llanero mexicano es 47.1 individuos/hectárea.

### **Importancia ecológica del perrito llanero en la ZSCE La Trinidad.**

Se consideran como ingenieros del ecosistema aquellos organismos que directa o indirectamente modelan la disponibilidad de recursos para otras especies causando cambios de estado físico de los materiales bióticos y abióticos. En relación a esta definición, el perrito llanero puede ser calificado como un ingeniero autogénico (Pérez, *et. al*, 2003). Es importante considerar que esta especie está constantemente modificando y creando su hábitat en La Trinidad con una repoblación de 13.5 madrigueras activas y 47.1 individuos por hectárea en promedio para sitios destruidos por actividad agrícola fomentando el proceso de sucesión de la vegetación y recolonización aunque no se cuenta con datos sobre el tiempo que tarda la especie en restablecer las condiciones naturales de su hábitat. En algunos sitios impactados se reporta repoblación menor al 40% de la superficie total en periodos de 10 a 15 años. La mortalidad ocasionada por la acción humana, ha provocado la disminución de sus poblaciones a números muy inferiores en comparación de hace 20 a 30 años. El proceso de recuperación del hábitat para ésta especie en áreas impactadas por la actividad agrícola es lenta y se ha observado que la repoblación es mayor para las áreas con más tiempo de abandono (Scott y Estrada, 1999). Las variaciones en la densidad de perrito llanero tienen efectos directos sobre la fauna, suelo y vegetación en áreas impactadas por la agricultura y en sitios sin

impacto permiten que la vegetación mantenga su condición natural ó se incremente en densidad.

### **Cambios en la cobertura vegetal y uso del suelo**

Según Scott *et. al*, 2004, la distribución geográfica del perrito llanero ha sufrido una notable reducción de 74% si se toman en cuenta los datos históricos. En la ZSCE La Trinidad se encontró que en el periodo de 1971 a 2003 se habían convertido 1,188.73 hectáreas para la producción de la papa que representaba el 36.43% del área destinada a la conservación del perrito llanero. García y Jurado (2008) muestran las consecuencias de una histórica falta de planeación en el aprovechamiento de los recursos naturales en el municipio de Linares, N.L., en el que la superficie ocupada por el matorral en 1994, estimada en 58% del territorio municipal, menos del 1% guarda condiciones de virginidad. El matorral gipsófilo en la Trinidad presentó una disminución del 35.6% de la superficie original para el periodo del 1971 al 2003.

## **CONCLUSIONES**

La composición y estructura de la vegetación es afectada directamente por la agricultura intensiva disminuyendo considerablemente la densidad y cobertura.

Los componentes físicos y químicos del suelo son modificados con el impacto de la agricultura intensiva, principalmente en la concentración porcentual y residual del nitrógeno y la textura.

Los resultados de las condiciones actuales del zacatal gipsófilo visualizan la oportunidad para desarrollar el proceso de restauración de las condiciones naturales del zacatal con las variantes en el tiempo, el éxito en la conservación de los recursos naturales en la ZSCE La Trinidad en especial la recuperación del zacatal gipsófilo está en función de la estricta y correcta aplicación de la estrategia planteada a continuación.

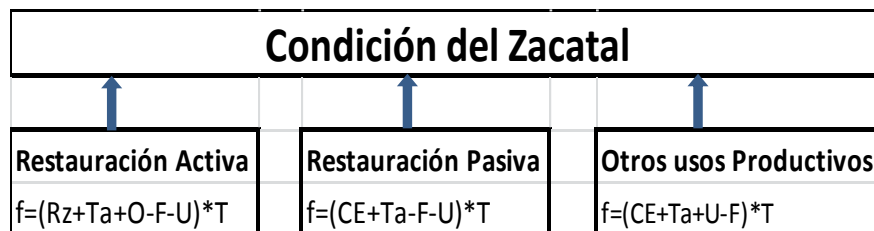


Figura 14. Modelo cuantitativo para la restauración del zacatal gipsófilo.

Dónde:  $f$ = Condición del Zacatal

Rz= Restauración del zacatal ( $Rz= CE+Pm-U$ )

CE= Composición y estructura

Ta= Terrenos abandonados

Pm=Prácticas de manejo

F= Uso de fauna nativa

T= Tiempo

U= Uso antropológico

O= Organización Local

La densidad del perro llanero mexicano es afectada por las modificaciones en la composición del suelo y vegetación, condicionándola a una lenta repoblación de los espacios con disturbio agrícola.

## RECOMENDACIONES

La implementación de prácticas de manejo que conduzcan a la transición del zacatal en condición mala a una condición buena pasando por cada etapa. La toma de decisiones a nivel local es importante para la definición del destino a tres posibles usos; restauración del pastizal considerando su función ecológica y otros posibles usos productivos. Considerando la restauración pasiva, donde la recuperación de la vegetación y población de fauna estará en función de las condiciones de uso, clima y el tiempo. En la restauración activa, en la que se propone evaluar periódicamente la condición del pastizal, la organización comunitaria ó socialización de la conservación juega un papel importante ya que los actores locales se convierten en gestores y ejecutores, se valora económicamente la producción de bienes y servicios, se propone además desarrollar buenas prácticas de manejo del pastoreo, incursión en las políticas públicas, mantenimiento de una buena condición del pastizal y prácticas de manejo de la parte alta de la cuenca hasta llegar al mercado de bonos de carbono o pagos por servicios ambientales.

## LITERATURA CITADA

- Arizmendi, M. y L. Márquez-V. 2000. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves. CONABIO y Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. 440 pp.
- Avedaño, J. J. 1999. Análisis socioeconómico de las comunidades aledañas a colonias de perro de las praderas (*Cynomys mexicanus*) en el noreste de México. Reporte Técnico World Wildlife Fund. Programa del Desierto Chihuahuense. pp. 1–36, Monterrey, Nuevo León, México.
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL). 1971 Hediondilla. Carta Edafológica. G14C44. Escala 1: 50,000.
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL). 1971 Huachichil. Carta Edafológica. G14C54. Escala 1: 50,000.
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL). 1971 La Paz. Carta Edafológica. G14C55. Escala 1: 50,000.
- Cruz, N. M. 2006. Ecología Invernal de La Lechuza Llanera (*Athene cunicularia*), en pastizales ocupados por Perrito Llanero Mexicano

- (*Cynomys mexicanus*), Galeana, Nuevo León, México., Tesis Doctoral., Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Biológicas. 40-53 pp.
- FAO,1996. Foret resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes. 130,152 pp.
- Franco, L. J. 1985. Manual de Ecología. 1ª ed. Editorial Trillas. México. 266 pp.
- García H. y E. Jurado. 2008. Caracterización del matorral con condiciones prístinas en Linares, Nuevo León, México. Artículo científico. Ra Ximhai 4(1): 1-21. Pp.
- González, F. N. 1990. Der Präriehund (*Cynomys mexicanus* Merriam, 1892) im Nordosten Mexikos. Entwicklung eines Modelles zur Beurteilung seines Lebensraumes. Dissertation der Fakultät für Biologie der Ludwig-Maximilians-Universität, München. 85 pp.
- Guadarrama, E., M. Cruz., S. Medellín., M. Morales., R. Álvarez., M., Rovalo. y H. Villalón., 2003. Programa de manejo de la Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Trinidad, Galeana, Nuevo León. Pronatura Noreste A.C. Gobierno del Estado de Nuevo León.
- Johnson, L. C. 1990. Analyzing spatial and temporal phenomena using geographical information systems. Landscape Ecol. 4:31-43. Pp.
- Knight, R. W. 1986. Vegetation Evaluation Methods. Range Science 315: 57-58. Pp.
- Medina, J. G. 1972. Contribución al estudio ecológico y control del perrito llanero mexicano (*Cynomys mexicanus* Merriam), en el rancho

- demostrativo “Los Angeles”, propiedad de la escuela superior de agricultura “Antonio Narro”, de la Universidad de Coahuila. Tesis. 108 pp.
- Mueller-Dombois, D. y H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons. Inc., New York. 547 pp.
- Semarnat 2002. Norma Oficial Mexicana. NOM-059-ECOL-2001, Protección Ambiental-Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestres-Categorías de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio-Lista de Especies en Riesgo. Diario Oficial de la Federación. 582: 1-80 pp.
- Ojasti J. 2000. Manejo de Fauna Silvestre Neotropical. F. Dallmeier (ed). Series No. 5. Smithsonian Institution/MAB Program (SI/MAB), Washington D.C. 290:73-108. Pp.
- Pérez, R.L., J. González. D., I. I. Hernández. J. y S.X. González. A. 2003. Distribución de colonias de Perrito Llanero (*Cynomys mexicanus*) en relación al paisaje en el rancho “Los Ángeles”: 1975-2003. Resúmenes de Investigación. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Recursos Naturales Renovables. Coahuila. México.191 pp.
- Periódico oficial del estado. 2002. Gobierno Constitucional del Estado Libre y Soberano de Nuevo León. Tomo CXXXIX Num. 7. Monterrey, N. L.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa, S.A. México, D.F. 431 pp.
- Rzedowski, J. 1983: Vegetación de México. Limusa Editorial. Segunda Reimpresión. México, D.F. 431 pp.



- Scott, L. M., A. E. Estrada, F. Chávez y M. Cotera. 2004. Continued decline in Geographic Distribution of the Mexican Prairie Dog (*Cynomys mexicanus*). J. of Mammalogy: 85(6):1095–1101. Pp.
- Scott, L. M. y A. E. Estrada. 1999. Distribución y estado actual de las colonias del perro de las praderas (*Cynomys mexicanus*) en el altiplano Mexicano. Reporte final a programa Desierto Chihuahuense, WWF-México. 109 pp.
- Treviño, J., W.E. Grant and A. Cardona. 1997. Characterization of soil texture in Mexican-prairie Dog (*Cynomys mexicanus*) colonies. Texas J. Sci. 49 (3):207-214. Pp.
- Treviño, J. 1998. Geographical range of the endangered Mexican prairie dog (*Cynomys mexicanus*). J. of Mammalogy 79:1273-1287. Pp.
- Turner, M. G. and L.C. Ruscher. 1988. Changes in landscape patterns in Georgia, USA. Landscape Ecol. 1:241-251. Pp.
- Valdés, J. 1999. Pastizales del Desierto. Pronatura A.C. 8:50-53. Pp.
- Walsh, S. J. and D.W. Frank. 1994. Applications of sensing and geographic information systems in vegetation science: J. Veg. Sci. 5:610-613. Pp.

## APENDICE

### Apéndice 1. Listado florístico de la Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Trinidad.

#### AMARANTHACEAE

*Amaranthus hybridus* L.

#### ASCLEPIADACEAE

*Asclepias subverticillata* (A. Gray) Vail.

#### ASTERACEAE

*Artemisa klotzschiana* Besser

*Machaeranthera gymnocephala* (D.C.) Shinnars

*Hymenoxis odorata* D.C.

*Isocoma veneta* (H.BK) Greene

*Chaetopappa ericoides* (Torr.) Neson

*Sartwellia mexicana* A. Gray

*Flaveria palmeri* R. J. Johnston

*Verbesina encelioides* (Cav.) Benth. et Hook.

*Conyza coulteri* A. Gray

*Parthenium hysterophorus* L.

*Towsendia mexicana* A. Gray

*Heterotheca subaxilaris* (Lam.) Britton et Rusby

*Dyssodia tenuifolia* (Cass.) Loes

#### BRASSICACEAE

*Nerisyrenia mexicana* (Bacon) B. Turner

*Lepidium montanum* Nutt.

*Lepidium virginicum* L.

*Sisymbrium irio* L.

#### BUDDLEJACEAE

*Buddleja scordioides* HBK.

#### CACTACEAE

*Opuntia Cantabrigiensis* Lynch

*Opuntia Imbricata* (Haw.) DC.

#### CHENOPODIACEAE

*Kochia scoparia* (L.) Schrad

*Chenopodium murale* L.

*Atriplex acanthocarpa* (Torr.) S. Watson

*Atriplex reptans* I.M. Johnston

*Suaeda mexicana* (Standl.) Standl.

*Atriplex canescens* (Pursh) Nutt.

*Atriplex prosopidium* I.M. Johnston

*Chenopodium album* L.

*Ceratoides lanata* (Pursh) Howell

*Salsola tragus* L.

#### CUCURBITACEAE

*Cucurbita foetidissima* HBK

**CUPRESSACEAE**

*Juniperos monosperma* Engelm. Sarg.

**EUPHORBIACEAE**

*Euphorbia serrula* Engelm.

*Argythamnia neomexicana* Muell. Arg.

**FABACEAE**

*Hoffmanseggia glauca* (Ort.) Eifert

*Dalea frutescens* A. Gray

*Senna ripleyana* Irvin et Barneby

**FRANKENIACEAE**

*Frankenia gypsophylla* I.M. Johnston

**GERANIACEAE**

*Erodium cicutarium* (L.) L Her

**HYDROPHYLLACEAE**

*Nama stevensii* C. L. Hitchc

**LAMIACEAE**

*Monarda citriodora* Cerv.

*Teucrium cúbense* Jacq

**LORANTHACEAE**

*Phoradendron densum* Torr.

**MALVACEAE**

*Sphaeralcea angustifolia* (Cav.) G. Don

**NYCTAGINACEAE**

*Allionia incarnata* L.

**ONAGRACEAE**

*Gaura coccinea* Pursh.

**POACEAE**

*Muhlenbergia villiflora* Hitchc

*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.

*Sporobolus airoides* (Torr.) Torr.

*Pappophorum vaginatum* Buckley

*Muhlenbergia tenuifolia* (HBK.) Kunth

*Lycurus phleoides* HBK.

*Aristida adscensionis* L.

*Leptochloa dubia* (HBK.) Nees

*Nassella tenuissima* (Trin.) Barkworth

*Erioneuron avenaceum* (HBK) Tateoka

*Erioneuron nealleyi* (Vasey) Tateoka

*Bouteloua chasei* Swallen

*Dasyochloa pulchella* (HBK) Willd ex Rydb.

*Scleropogon brevifolius* Phil.

*Aristida divaricata* Willd.

*Bouteloua barbata* Lag.

*Muhlenbergia repens* (Presl) Hitchc.

#### PORTULACACEAE

*Portulaca pilosa* L.

#### SOLANACEAE

*Solanum elaeagnifolium* Cav.

*Lycium berlandieri* Dunal

*Datura quercifolia* HBK.

*Nicotiana glauca* Grah.

#### VERBENACEAE

*Verbena wrightii* A. Gray

*Verbena bipinnatifida* Nutt.

## Apéndice 2. Ubicación geográfica de los sitios de muestreo para vegetación y densidad de perrito llanero mexicano.

