

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



**CAMBIO DE USO DE SUELO Y SALUD DEL ECOSISTEMA EN LAS  
ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS PARA EL PERRITO LLANERO MEXICANO  
(*Cynomys mexicanus* MERRIAM)**

**TESIS DE MAESTRÍA**

Que como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES**

Presenta:

**BIÓL. ELISA PAULINA ZARAGOZA QUINTANA**

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

## FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

### CAMBIO DE USO DE SUELO Y SALUD DEL ECOSISTEMA EN LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS PARA EL PERRITO LLANERO MEXICANO (*Cynomys mexicanus* MERRIAM)

#### TESIS DE MAESTRÍA

Que como requisito parcial para obtener el grado de:

#### MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES

Presenta:

BIÓL. ELISA PAULINA ZARAGOZA QUINTANA

#### COMITÉ DE TESIS



DR. MAURICIO COTERA CORREA  
Director



---

DRA. LAURA M. SCOTT MORALES  
Asesora



---

DRA. MARISELA PANDO MORENO  
Asesora

Declaro que la presente investigación es original, y se desarrolló para obtener el título de Maestra en Ciencias Forestales; donde se utiliza información de otros autores, se otorgan los créditos correspondientes.



---

aragoza Quintana  
ptiembre de 2011

## **DEDICO ESTE TRABAJO A:**

**Mis padres, que donde sea que ellos están o yo me encuentro, siempre siento su apoyo, cariño y confianza hacia mi persona. Los amo profundamente.**

**Mi hermana Ross, por su cariño, apoyo y comprensión en cada paso que doy. Te amo y te admiro.**

**Mi esposo, que gracias a que creyó en mí pude lograr este objetivo, a él le debo el comienzo de ésta historia. Gracias desde mis más profundos sentimientos.**

**A cada uno de los integrantes de mi familia y hermanos, por todo su apoyo y comprensión. Los quiero profundamente.**

**Al Dr. Mauricio Cotera Correa, por brindarme todo su apoyo y amistad durante mi estancia.**

**Mis valiosos amigos y colegas que en este camino me he encontrado y que son parte de todo este proceso, dándome ánimos en los momentos que pasamos soledad y angustia: Briandis, Claudia, Cristian, Erik, Esmeralda, Heriberto, Juan Manuel, Karla, Miriam y Socorro. Gracias por su cariño. Los quiero.**

**Mis amigos Alejandra, Elizabeth, Esther, Fabiola, Julián, Norma, Oyuki y Vanessa que me ha demostrado que la amistad y el cariño que una vez se conoce, puede durar para siempre.**

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco el apoyo de la beca de CONACYT brindada durante los dos años que duró el programa de maestría. Así mismo, al financiamiento otorgado por el Programa de Apoyo Científico y Tecnológico de la Universidad Autónoma de Nuevo León y Proyecto SEP-CONACYT (P-50340-II), para poder realizar las salidas a campo.

Al Dr. Mauricio Cotera Correa, Director de tesis, por el apoyo académico en toda la extensión de la palabra, para la tesis y formación personal así como por su calidad humana durante mi estancia en la Maestría. A la Dra. Laura Scott Morales por sus asesorías y revisión del escrito. Agradezco a la Dra. Marisela Pando Moreno por sus sugerencias, revisión del escrito y facilitarme las imágenes satelitales que se emplearon en la presente investigación y que fueron clave para la calidad de la tesis.

Al PhD. Felipe Chávez Ramírez por la oportunidad y facilidades que me brindó durante mi estancia en el Platte River Whooping Crane Maintenance Trust Inc, en Wood River, Nebraska, EUA., así como su apoyo académico y humano durante dicho proceso. También, con el apoyo de la Facultad de Ciencias Forestales fue posible la realización de esa estancia en Wood River.

Agradezco al Dr. Mario A. García Aranda, por sus asesorías técnicas sobre la interpretación de las imágenes satelitales y por el material didáctico empleado para el mismo propósito. Al Dr. Andrés E. Estrada Castellón, por sus sugerencias y orientación con respecto a la metodología empleada para campo y su conocimiento hacia mi persona. Al Dr. Oscar A. Aguirre Calderón y Dr. Javier Jiménez Pérez por su confianza y apoyo administrativo.

Quiero también extender mis más sinceros agradecimientos a los técnicos: Nestor, César, Don Chon, Ing. Francisco Vallejo, Juanito, Ing. Leonel, Luis, Ing. Juan Carlos; a mis colegas: Cristian Martínez, Heriberto Méndez, Brianda y Miriam, por su gran colaboración y entrega, profesionalismo y humildad para el arduo trabajo de campo que realizaron y que forma clave de la calidad de la presente investigación. A todos aquellos que no mencioné pero que también forman parte de éste trabajo...

## Índice general

<b>RESUMEN</b> .....	<i>i</i>
<b>ABSTRACT</b> .....	<i>iii</i>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. ANTECEDENTES</b> .....	3
2.1 Descripción y distribución histórica de <i>Cynomys mexicanus</i> .....	3
2.2 Contexto del ecosistema del perrito llanero mexicano.....	4
2.3 Importancia ecológica y estado de conservación.....	6
2.4 Salud del ecosistema de pastizal.....	7
2.5 Productividad primaria (biomasa).....	9
<b>3. HIPÓTESIS</b> .....	10
<b>4. OBJETIVOS</b> .....	10
4.1 General.....	10
4.2 Particulares.....	10
<b>5. ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	11
5.1 Fisiografía.....	13
5.2 Clima y vegetación.....	13
5.3 Suelo.....	15
5.4 Fauna.....	15
5.5 Uso de suelo.....	16
<b>6. MÉTODOS</b> .....	17
6.1 Evaluación del cambio de uso de suelo.....	17
6.2 Evaluación de la salud del pastizal.....	19
6.3. Producción de biomasa.....	24
6.4 Análisis estadístico.....	24
<b>7. RESULTADOS</b> .....	26
7.1 Cambio de Uso de suelo.....	26
7.1.1 Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Trinidad.....	26
7.1.1.1 Uso Histórico.....	26
7.1.1.2 Uso en el año 2011.....	30

7.1.2 Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Hediondilla.....	37
7.1.2.1 Uso Histórico.....	37
7.1.2.2 Uso en el año 2011.....	42
7.1.3 Zona Sujeta a Conservación Ecológica Llano La Soledad.....	48
7.1.3.1 Uso Histórico.....	48
7.1.3.2 Uso en el año 2011.....	52
7.2 Salud del ecosistema.....	55
7.2.1 Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Trinidad.....	55
7.2.2 Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Hediondilla.....	57
7.2.3 Zona Sujeta a Conservación Ecológica Llano La Soledad.....	58
7.3. Producción de biomasa.....	59
7.3.1 Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Trinidad.....	61
7.3.2 Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Hediondilla.....	62
7.3.3 Zona Sujeta a Conservación Ecológica Llano La Soledad.....	64
7.4. Comparación de la producción total de biomasa.....	65
<b>8. Discusión.....</b>	<b>67</b>
<b>9. Conclusiones.....</b>	<b>74</b>
9.1 Uso del suelo.....	74
9.2 Calidad de hábitat.....	75
9.3. Producción de biomasa.....	76
9.4. Implicaciones para la conservación y recomendaciones finales.....	76
<b>10. Literatura citada.....</b>	<b>78</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>87</b>
<b>Anexo I.- Cambio de uso de suelo.....</b>	<b>87</b>
<b>Anexo II.- Salud del pastizal.....</b>	<b>89</b>
<b>Anexo III.- Salud del pastizal.....</b>	<b>92</b>
<b>Anexo IV.- Salud del pastizal.....</b>	<b>110</b>
<b>Anexo V.- Producción de biomasa aérea.....</b>	<b>122</b>
<b>Anexo VI.- Producción de biomasa aérea.....</b>	<b>122</b>
<b>Anexo VII.- Archivo fotográfico.....</b>	<b>123</b>

## Índice de figuras

Figura 1. Localización, dimensiones y zonificación de las.....	11
Figura 2. Ubicación de transectos (T) y las parcelas de muestreo.....	20
Figura 3. Imagen LANDSAT TM del 16 de marzo de 1990.....	27
Figura 4. Imagen GeoEye Google Earth del 5 de junio de 2000.....	28
Figura 5. Imagen LANDSAT ETM del 01 de noviembre de 2001.....	29
Figura 6. Imagen LANDSAT de noviembre 2006 con.....	30
Figura 7. Delimitación de La Trinidad, patrón del uso del suelo.....	31
Figura 8. Tendencia histórica (porcentual) del pastizal.....	32
Figura 9. Representación gráfica de la regresión cúbica para.....	34
Figura 10. Modelo de tendencia lineal con pronósticos.....	35
Figura 11. Modelo de tendencia lineal con pronósticos.....	36
Figura 12. Modelo de tendencia lineal con pronósticos.....	37
Figura 13. Imagen LANDSAT MSS del 22 de junio de 1973.....	38
Figura 14. Imagen LANDSAT TM del 16 de marzo de 1990.....	39
Figura 15. Imagen LANDSAT ETM del 01 de noviembre de 2001.....	40
Figura 16. Imagen Digital Globe Google Earth del 20 de ..... .....	41
Figura 17. Imagen LANDSAT de noviembre de 2006.....	42
Figura 18. Delimitación de La Hediondilla, patrón del.....	43
Figura 19. Tendencia histórica (porcentual) del pastizal.....	44
Figura 20. Modelo de tendencia cuadrática con pronósticos.....	46
Figura 21. Representación gráfica de la regresión cúbica .....	47
Figura 22. Representación gráfica de la regresión cúbica .....	48
Figura 23. Imagen LANDSAT TM del 16 de marzo de 1990.....	49
Figura 24. Imagen LANDSAT ETM del 01 de noviembre de.....	50
Figura 25. Imagen Digital Globe Google Earth del 20 de junio.....	51
Figura 26. Imagen LANDSAT de noviembre de 2006.....	52
Figura 27. Delimitación del ANP Llano La Soledad, sitio .....	53
Figura 28. Tendencia histórica (porcentual) del pastizal.....	54
Figura 29. Representación gráfica de la regresión cúbica.....	55



Figura 30. Diagrama de caja y bigote de biomasa aérea de la zona.....	60
Figura 31. Producción promedio mensual de biomasa en la.....	61
Figura 32. Representación gráfica de la producción promedio.....	62
Figura 33. Producción promedio mensual de biomasa en la zona .....	63
Figura 34. Representación gráfica de la producción promedio.....	64
Figura 35. Producción promedio mensual de biomasa en la.....	65
Figura 36. Producción promedio mensual de biomasa aérea en.....	66
Figura 37. Producción anual promedio de biomasa aérea en La Trinida.....	66

## Índice de cuadros

Cuadro 1. Cambios históricos de la superficie de pastizal en.....	33
Cuadro 2. Cambios históricos de la superficie de pastizal en.....	45
Cuadro 3. Cambios históricos de la superficie de pastizal en.....	54
Cuadro 4. Salud del pastizal de la ZSCE La Trinidad.....	56
Cuadro 5. Salud del matorral de la ZAASA de La Trinidad.....	56
Cuadro 6. Salud del pastizal de la ZSCE La Hediondilla.....	57
Cuadro 7. Salud del matorral de la ZN de La Hediondilla.....	58
Cuadro 8. Salud del pastizal de la ZSCE Llano La Soledad.....	58
Cuadro 9. Salud del matorral de la ZSCE Llano La Soledad.....	58

## RESUMEN

Actualmente, la problemática principal para el perrito llanero mexicano (*Cynomys mexicanus*) es la pérdida de hábitat debido al cambio de uso de suelo por las actividades agrícolas. El Gobierno del Estado de Nuevo León, en el año 2002, decretó las Zonas Sujetas a Conservación Ecológica La Trinidad, La Hediondilla y Llano La Soledad, que protegen las colonias más extensas de *Cynomys mexicanus*. El presente trabajo evaluó el cambio de uso del suelo y la salud del ecosistema dentro de éstas zonas sujetas a conservación ecológica. Para conocer la pérdida de pastizal halófilo y gipsófilo, además de la disponibilidad de hábitat a través del tiempo, se delimitaron las superficies de las comunidades vegetales y las áreas agrícolas dentro de éstas zonas protegidas, por lo que se emplearon cartas de uso de suelo y vegetación de INEGI (series I, II y III), imágenes satelitales de los años 1973, 1990, 2001, 2004 y 2006, consultando registros históricos de distribución de pastizales y visitas a campo para identificar sitios con perrito llanero actualmente. Por medio de análisis de series de tiempo se examinó cada sitio de estudio para predecir sucesos en los siguientes años con respecto al uso del suelo. Se evaluó la salud del ecosistema dentro de las áreas protegidas por medio de la evaluación de un total de 14 transectos con 122 parcelas permanentes empleando 8 indicadores que definieron el estado funcional de los atributos de Estabilidad del Sitio/Suelo, Funcionalidad Hidrológica e Integridad Biótica. Se estimó la producción de biomasa para cada sitio de estudio y con un análisis de Kruskal-Wallis se evaluó la diferencia en la producción de biomasa de forma mensual para cada área protegida y entre ANP's. Las imágenes satelitales demostraron una reducción y fragmentación del pastizal en las áreas protegidas para el perrito llanero a causa de la apertura de tierras para la actividad agrícola donde, de 1973 a 2011 La Trinidad presentó una pérdida de pastizal de 26.86%. Del año 2001 (año de su decreto como área natural protegida) al 2011 se dejaron de usar para la agricultura y se recolonizaron cerca de 452.31 ha recuperándose de manera natural un 13.7% de pastizal desde su decreto a la actualidad; La Hediondilla perdió 44.7% de pastizal del año 1973 a 2011 y del año 2001 (año de su decreto) a 2011 la apertura de tierras fue de 30.53%. Las series de tiempo indicaron que La Hediondilla y La Trinidad continuarán perdiendo pastizal nativo en años futuros si los factores socioeconómicos se mantienen como en la actualidad. El área protegida del Llano La Soledad es el área con mayor superficie de pastizal disponible para el perrito llanero mexicano. La salud del ecosistema de La Hediondilla se encontró severamente

modificado siendo la Zona Núcleo y la Zona de Amortiguamiento de Aprovechamiento Sustentable de Agroecosistemas las áreas con el estatus más crítico. De manera general, La Trinidad y Llano al Soledad son las áreas con una condición y salud del ecosistema en mejores condiciones. Existió diferencia significativa en la producción promedio mensual de biomasa aérea entre las zonas de las ANP's evaluadas, así mismo como en la producción media anual de biomasa entre las áreas protegidas. La Hediondilla fue el sitio con mayor producción de biomasa anual con una media de  $\bar{x}=0.890$  ton/ha, La Trinidad produjo en promedio  $\bar{x}=0.624$  ton/ha y El Llano La Soledad un total de  $\bar{x}=0.177$  ton/ha en el año evaluado. A pesar de ser La Hediondilla el área natural protegida con una salud severamente modificada, fue la que tuvo una mayor producción de biomasa aérea debido a sus condiciones peculiares de salud, a la alta actividad antropogénica que presenta, a la existencia de sitios con vegetación invasora y otros en recuperación, aunado a la presencia de comunidades vegetales de matorral.

## ABSTRACT

The present work evaluated the human impact on the Natural Protected Areas La Trinidad, Llano La Soledad and La Hediondilla from the state Nuevo León, which protect the largest colonies of the Mexican prairie dog (*Cynomys mexicanus*), an endemic and endangered species from northeast Mexico. Through soil use and vegetation maps from INEGI and satellital images of the years 1973, 1990, 2001, 2004 and 2006, it was measured the grassland surface occupied by the Mexican prairie dog and agricultural areas at different temporal scales. Through time series analysis examined each study site to predict events in the following years with respect to land use. The ecosystem health was evaluated over 14 lines and 122 plots and using 8 criteria which will determine the degree of difference of the ecological description in the place through functional attributes of stability of the Site / Soil, hydrologic function and biotic integrity. It was estimated the production of biomass for each study site and with Kruskal-Wallis Test evaluated whether there was significant difference in biomass productivity monthly for each protected area and between ecological zones. The satellital images indicate an increase in the agricultural area. The grassland in La Trinidad decreased from 1973 to 2006 about 27%, but from 2001 to 2011, there was a natural recovery of almost 14% (452.3 has) of grassland that was once used for agricultural purpose. La Hediondilla lost 45% of the prairie from 1973 to 2011 and from 2001 to 2011 land clearing was almost 31%. Time series indicated that La Hediodilla and La Trinidad will continue to lose native grassland in future years if the current socioeconomic conditions continue. The ecosystem health was severely modified in La Hediondilla, especially in the Zona Nucleo and Zona de Amortiguamiento de Aprovechamiento Sustentable de Agroecosistemas, which had the most critical status. In general, the protected areas La Trinidad and Llano La Soledad had the best grassland health. Llano La Soledad is the area with biggest availability of grassland for the Mexican prairie dog. There was a significant difference in the mean monthly production between zones of each ANP and between protected natural areas. The monthly biomass average production was  $\bar{x}=0.890$  ton/ha,  $\bar{x}=0.624$  ton/ha and  $\bar{x}=0.177$  ton/ha for La Hediondilla, La Trinidad and Llano La Soledad respectively. The fact that La Hediondilla was the natural protected area with a severely modified health was the one that had a greater biomass production due to its peculiar conditions of health, which had high anthropogenic

activities, the existence of sites with invasive vegetation and other in natural recovery, coupled with the presence of scrub plant communities.

# 1. INTRODUCCIÓN

México es un país megadiverso, tercero a nivel mundial por su diversidad biológica y, en este contexto, la fauna de mamíferos mexicanos es una de las más diversas del mundo (Ramírez-Pulido y Castro-Campillo 1993, Ceballos *et al.* 2002, Monteagudo y León 2002, Escalante 2003). Lo que hace única a la fauna mexicana es su riqueza de especies, su gran número de endemismos y sus relaciones biogeográficas (García-Marmolejo *et al.* 2008).

Sin embargo, es también uno de los países con tasas elevadas de deforestación y cambio de uso de suelo, además de que el 90% de los ríos de México presentan severos grados de contaminación (Flores-Villela y Geréz 1994), provocando este acelerado ritmo de deterioro de los ecosistemas mexicanos, un efecto negativo sobre las poblaciones de mamíferos, que son importantes indicadores de la calidad del hábitat, algunos con dietas o hábitats específicos, mientras que otros requieren superficies extensas para contar con suficientes presas (Villa y Cervantes 2003, Ceballos y Oliva 2005). No ha de extrañar, por tanto, que la reducción y fragmentación de los hábitats naturales o semi-naturales del país, con su secuela de pérdida de especies, esté considerada como una de las amenazas más frecuentes y ubicuas para la conservación de la biodiversidad (Santos y Tellería 2006).

Una de las especies endémicas de nuestro país, el perrito llanero mexicano (*Cynomys mexicanus*), distribuido en el Noreste de México y en peligro de extinción según la NOM-059-SEMARNAT-2010 a causa de la fragmentación de su hábitat y el cambio de uso de suelo (Reséndiz 2006). Está considerada como una especie clave por su importancia ecológica ya que influye en las características físicas y biológicas del ecosistema que habita, modifica el paisaje, incrementa la heterogeneidad ambiental, incide en la diversidad biológica y mantiene los pastizales impidiendo la invasión de arbustos, entre otras funciones ambientales (Ceballos y Pacheco 2000). La distribución geográfica del perrito llanero sufrió una reducción del 33% de los años de 1996 a 1999 quedando un total de 322 km<sup>2</sup> de superficie para esta especie, debido en gran parte al cambio de uso de suelo que se realiza en las áreas de su distribución original (Scott *et al.* 2004). Para el año 2006 el área de distribución del perrito llanero mexicano disminuyó a 266 km<sup>2</sup> (Scott *et al.* 2006).

Los pastizales halófilos del Altiplano Mexicano son el hábitat del perro llanero mexicano, los cuales son comunidades vegetales con peculiaridades en tipo de suelo y vegetación, lo que los hace una región única. En la actualidad, se encuentran deteriorados en su composición y fisonomía, debido principalmente al cambio en el uso de suelo ya que estos pastizales nativos están siendo sometidos a una excesiva presión por la realización de prácticas de manejo inadecuadas, como la ganadería extensiva y agricultura de riego y temporal donde, las especies vegetales que componen los pastizales halófilos se han visto desplazadas por otras introducidas, quedando tierras abandonadas después de su uso agrícola o son sujetos de sobrepastoreo, lo que ha ocasionado una reducción en su superficie y en consecuencia su biodiversidad se encuentra amenazada (Estrada *et al.* 2010). La agricultura mecanizada y con riego, el alto uso de fertilizantes y pesticidas para el cultivo de papa, alfalfa, avena, maíz y otras hortalizas es la causa principal de pérdida de los pastizales halófilos en donde se distribuye el perrito llanero mexicano (Yeaton y Flores-Flores 2006).

En el estado de Nuevo León a partir del año 2000, se estableció el Sistema Estatal de Áreas Naturales Protegidas (ANP), donde se crean las primeras 23 ANP's de carácter estatal, con la finalidad de responder a las inquietudes de diversos sectores sociales interesados en la conservación de la biodiversidad del estado que es el resultado de los ecosistemas que prosperan en la entidad (Cantú *et al.* 1997, Castañeda 2006).

Así, considerando su importancia ecológica, el Gobierno del Estado de Nuevo León en el año 2002, propuso, a través de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas, 3 Zonas Sujetas a Conservación Ecológica que protegen las colonias más extensas del perrito llanero mexicano en el estado, las cuales se conocen como La Trinidad (ZSCET), Llano La Soledad (ZSCES) y La Hediondilla (ZSCEH) (Periódico Oficial 2002). Estas áreas juntas integran 15,271 ha, lo que significa el 57% del área de distribución de la especie y un importante esfuerzo que el gobierno estatal lleva a cabo en sus diversos niveles para salvaguardar el patrimonio biológico del estado ya que aparte de contribuir a la protección y conservación de *Cynomys mexicanus* también permiten salvaguardar la biodiversidad regional, preservar un ecosistema nativo y mantener los procesos evolutivos (Cantú *et al.* 1997, Yeaton y Flores-Flores 2006).

Dado que se estima que en el país el 30% de los mamíferos terrestres nativos se encuentran en riesgo, se hicieron necesarias acciones para establecer prioridades dentro de los Sistemas de Áreas Naturales Protegidas (Escalante 2003). Así, las ANP's deben ser sometidas periódicamente a evaluaciones con la finalidad de determinar el impacto en la conservación de la biodiversidad existente en cada una de ellas, y poder mantener para las futuras generaciones, la continuidad de los procesos biológicos naturales presentes en las áreas. Con lo anterior se garantiza la supervivencia de las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT 2010 y se protegen los valores escénicos y paisajísticos, tratando de que estas actividades de conservación estén íntimamente ligadas a las actividades productivas propias de la región y que éstas sean factibles bajo la visión del desarrollo sustentable (Ceballos y Pacheco 2000, Escalante *et al.* 2002, PRONATURA 2003).

No obstante el decreto de las Zonas Sujetas a Conservación Ecológica La Trinidad, Llano La Soledad y La Hediondilla, y el estado de conservación del perrito llanero mexicano dentro de la NOM-059-SEMARNAT 2010, las actividades agrícolas y ganaderas se siguen realizando lo que ha producido fuertes cambios en la distribución y tamaño de las poblaciones de *Cynomys mexicanus* (Yeaton y Flores-Flores 2006), por lo que con en el presente trabajo se pretende conocer cuáles han sido los cambios de uso de suelo a través del tiempo en estas ANP's y averiguar la salud del ecosistema dentro de las Áreas Naturales Protegidas Estatales establecidas para la conservación del perrito llanero mexicano en Nuevo León, lo que permitirá establecer la fragmentación y disponibilidad actual de pastizal y las condiciones de salud del hábitat así como la producción de biomasa aérea en cada una de las ANP's que protegen a *Cynomys mexicanus*.

## **2. ANTECEDENTES**

### *2.1 Descripción y distribución histórica de Cynomys mexicanus*

Los grupos mejor conocidos de la diversidad de fauna en México son los vertebrados terrestres (Sarukhán *et al.* 2009), entre ellos los mamíferos terrestres, con un registro de 475 especies, de las cuales 169 son endémicas (Ramírez Pulido *et al.* 2005). Los murciélagos, junto con los roedores (Orden Rodentia), son los mamíferos mejor representados en



Mesoamérica con 215 especies distribuidas en 15 familias y 94 géneros (Fa y Morales 1998). Entre ellos sobresale el perrito llanero mexicano, una especie endémica de México, de la familia de las ardillas (Sciuridae) con cuerpo robusto y un peso aproximado de 1 kg, con una longitud promedio en adultos de 38 a 44 cm y habitante de los pastizales halófilos (González 2002, Sánchez 1981, Royo y Báez 2001). La especie está restringida a valles intermontanos amplios y llanos con una altitud que va de los 1600 a 2200 msnm (Ceballos y Wilson 1985, Treviño-Villarreal y Grant 1998, Reyna 2007).

Esta especie ha sido objeto de fuerte presión antropogénica, lo que ha llevado a una disminución importante de sus poblaciones. La distribución geográfica del perrito llanero sufrió una reducción del 33% del año 1996 a 1999, registrando para la última fecha una pequeña región de menos de 322 km<sup>2</sup> en el noreste de México, los cuales corresponden a 6 km<sup>2</sup> en San Luis Potosí, 234 km<sup>2</sup> en Nuevo León y 82 km<sup>2</sup> en Coahuila (Scott *et al.* 2004). Asimismo, mediciones posteriores demuestran una continua disminución del hábitat en Nuevo León, quedando solo 166 km<sup>2</sup> del área original, mientras que para Coahuila se reportan casi 92 km<sup>2</sup> y en San Luis Potosí 7.8 km<sup>2</sup> (Scott *et al.* 2006). De hecho, las colonias de *C. mexicanus* en el Estado de Zacatecas han desaparecido recientemente (Treviño-Villarreal y Grant 1998).

Existen diversos trabajos de investigación en relación al perrito llanero mexicano que abarcan los temas de su distribución, alimentación, comportamiento reproductivo, ciclo de vida, vegetación, suelo, modelo de hábitat, entre otros, que siguen contribuyendo para un mejor conocimiento y conservación de la especie (Treviño-Villarreal 1990, Treviño-Villarreal y Grant 1998, González 2002, Navarro-Aguirre 2003, Placer y Slobodchikoff 2004, Mellado *et al.* 2005, Scott *et al.* 2004, Yen 2006, Reyna 2007, Rioja *et al.* 2008, Medrano 2010).

## 2.2 Contexto del ecosistema del perrito llanero mexicano

Los pastizales halófilos, donde habita *Cynomys mexicanus*, se caracterizan por poseer un tipo de suelo y vegetación únicos. En la actualidad, estos ecosistemas se encuentran deteriorados en su composición y fisonomía, debido principalmente al cambio en el uso de suelo (Yen 2006, Hoth *et al.* 2008). Formaciones vegetales, como los pastizales halófilos y

gypsófilos, tienen funciones ecológicas tales como la protección y regulación de los recursos hídricos, control de erosión y provisión de hábitat para la fauna. De manera específica, una vegetación de dicha naturaleza puede albergar especies raras o en extinción, además de poseer especies endémicas, de manera que si el ambiente fuese alterado, estas especies pueden correr algún riesgo (O'Brien *et al.* 2003, García-Marmolejo *et al.* 2008).

Dentro de las actividades humanas realizadas en los pastizales halófilos está el pastoreo de ganado vacuno y caprino, el cual cuando es severo produce destrucción del material vegetal, favorece el desarrollo de malezas, merma la productividad dificultando la recuperación del pastizal, fragmentando el hábitat, desencadenando el deterioro del suelo por erosión y reduciendo la calidad del hábitat (Cotera 2000, Rioja 2003). Existen estudios donde se coincide en que el sobrepastoreo tiene un enorme impacto sobre las poblaciones del perrito llanero mexicano debido a la erosión edáfica que produce esta actividad ganadera, dando lugar a que la textura del suelo se vuelva arenosa y no sea capaz de soportar las madrigueras del perrito (Ceballos *et al.* 1993, Treviño-Villarreal *et al.* 1997, Bird Conservation 2003, Ceballos *et al.* 2005 en Ávila 2009).

La estructura y función del ecosistema de *Cynomys mexicanus* se ha visto afectado negativamente ya que se ha reducido su cubierta vegetal por la creación de nuevos caminos y carreteras. Se ha documentado que este tipo de trastornos en áreas naturales, perturban la resiliencia de áreas adyacentes a través de efectos indirectos tales como alteraciones en los ciclos hídricos y eólicos del sitio que provoca pérdida de agua y fragmentación del hábitat, en la dispersión de semillas de especies invasoras, y en el transporte de sedimentos, poniendo en peligro a las especies que lo habitan (Duniway *et al.* 2010).

De hecho, entre las amenazas a considerarse dentro del hábitat del perrito llanero mexicano, está la conversión de los pastizales halófilos y gypsófilos a tierras para la agricultura, actividad que tuvo sus inicios a partir de 1980 con el cultivo intensivo de alfalfa y papa principalmente, el cual llegó a tener una producción de hasta 60 ton/ha. Para el 2005 el 80% de los habitantes del área de Galeana, N. L. se dedicaban o estaban relacionados con la agricultura tecnificada (PNE y TNC 2007 en Medrano 2010) convirtiéndose desde entonces en

la principal amenaza para la biodiversidad del sitio, ya que cuando un área ha sido convertida a la agricultura, la recuperación de la misma es lenta. Adicionado a lo anterior, el cultivo de papa se realiza por lo general con una rotación de tierras anual, lo que promueve los desmontes constantes de enormes extensiones de terreno en los pastizales, provocando destrucción del hábitat y la eliminación de sus especies nativas, además del cambio de tierras después de cuatro a cinco años de uso dejando las áreas abandonadas (Rioja 2003, Yen 2006).

Todo este panorama también es la razón para que el perrito llanero de cola negra (*C. ludovicianus*) en el Estado de Chihuahua, se considere amenazado según la NOM-059-SEMARNAT-2010 (D. O. F. 2010, Royo y Baéz 2003 en Medrano 2010).

### 2.3 Importancia ecológica y estado de conservación de *Cynomys mexicanus*

Los perritos llaneros son organismos gregarios que viven en congregaciones o colonias de miles de individuos, lo que ocasiona un fuerte impacto en la estructura de la composición de la vegetación de la pradera ya que ecológicamente son una especie clave para el mantenimiento del ecosistema de pastizal (Miller *et al.* 1994). Asimismo, son alimento de varias especies como la zorra norteña (Cotera-Correa 1996 citado en Medrano 2010, List 1997), el tlalcoyote (Jiménez y López 1992), águila real y víboras de cascabel. La tierra que resulta al excavar sus madrigueras la emplean para formar montículos cónicos que son buena barrera para la entrada de lluvia y, al abandonarlas, estas cavidades son ocupadas por otras especies como *Athene cunicularia*. También, al cavar túneles se crean condiciones especiales para el suelo, ciclo hidrológico y el tipo de vegetación que existe en el lugar (Ceballos y Pacheco 2000, Miller *et al.* 2000, Manzano 2006, Reséndiz 2006).

El perrito llanero mexicano tiene el estatus de especie en peligro de extinción, de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 (D. O. F. 2010), además CITES (2011) la incluye en el apéndice 1, debido principalmente a la fragmentación del hábitat, al reciente desarrollo y expansión agrícola en la porción norte de su limitada distribución y a la invasión de arbustos en el sur de su área de distribución geográfica, lo que lo hace también susceptible a la extinción por enfermedades, consanguinidad o catástrofes naturales (Ceballos *et al.* 1993, Treviño-Villarreal y Grant 1998, Scott *et al.* 2004, Reséndiz 2006, Luévano *et al.* 2008).

En el año de 2002 fueron declaradas las áreas naturales protegidas *La Trinidad, Llano La Soledad y La Hediondilla* con la finalidad de proteger al perrito llanero mexicano, a su hábitat y fauna acompañante en el Estado de Nuevo León (Periódico Oficial 2002). El objetivo de estas Zonas Sujetas a Conservación Ecológica (ZSCE) consiste en conservar y planificar, con el consenso y colaboración de los principales usuarios, para guiar acciones que protejan la biodiversidad y los recursos naturales presentes en el matorral desértico micrófilo, teniendo especial énfasis en aquellas especies endémicas y/o que se encuentran con alguna categoría de protección, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana 059. Así también, se fomenta el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales regionales en las zonas donde esto sea posible y se pretende promover el desarrollo de investigación básica y aplicada dentro y en las comunidades de influencia de las diferentes ZSCE (PRONATURA 2003, CONABIO 2008, Contreras-Balderas *et al.* 2008).

#### *2.4 Salud del ecosistema de pastizal*

A través del uso de la percepción remota por medio de imágenes satelitales a escalas adecuadas, mejoradas por computadora para resaltar las características del terreno de interés, es posible evaluar la variación espacial de un ecosistema de pastizal toda vez que provee de información sobre las conversiones de la cobertura de suelo, ya sea por expansión agrícola o deforestación. Permite también determinar procesos de fragmentación y los efectos de ésta sobre los ecosistemas, llevándose a cabo una comparación de mapas de cobertura de suelo sucesivos, o por inspecciones en campo (Lambin 1999, Forrest 2008 y Raines *et al.* 2008, en Gutiérrez 2008).

Los pastizales del norte de México han sido muy afectados, lo mismo históricamente que en tiempos recientes, por una amplia gama de actividades antropogénicas (Gauthier *et al.* 2003, Hoth *et al.* 2008). Las actividades humanas afectan al suelo de diferentes maneras, como el exceso de nutrientes al aplicar grandes cantidades de fertilizantes, salinización por el uso de riego de manera inadecuada en los cultivos, uso de sustancias químicas que afectan la calidad del suelo, inclusive la pérdida de diversidad debido a los sistemas de monocultivo y práctica de ganadería carente de planes de manejo (ECOPAD 2007, Aguilar *et al.* 2008).

Como consecuencias de lo anterior, los pastizales del norte de México se enfrentan a una rápida transformación que resulta ecológica y económicamente insostenible, ya sea a mediano o largo plazo, dado que la degradación del suelo tras varios años de agricultura, como de ganadería sin un manejo adecuado, son tan severos que dificulta o retardan la restauración de estas áreas como hábitat de pastizal saludable (Bird Conservation 2005). Inclusive, disturbios ocurridos en la superficie del suelo pueden ocasionar ruptura sobre las costras biológicas y otros agregados estabilizadores del suelo resultando en el incremento de la erosión por agua y viento (Duniway *et al.* 2010).

Las evaluaciones bióticas y abióticas cualitativas de la “salud” o condición de un área de interés, le proporcionan a los manejadores y técnicos especialistas, la posibilidad de identificar problemas derivados de lo anterior sobre el sitio evaluado (Sheley *et al.* 2010). Este tipo de evaluaciones han sido utilizadas exitosamente durante los últimos 100 años (Whitford *et al.* 1998, Pyke *et al.* 2002), donde se sigue una técnica de censo para calificar indicadores de protección de sitio, incluyendo componentes de suelo y vegetación (Herrick 2000). En general, este procedimiento se ha llamado “evaluación rápida”, “evaluación cualitativa de la salud de un ecosistema” o “visualización de la salud de un ecosistema” (Morgan 1986, Adams *et al.* 2003).

Dado que los procesos ecológicos son difíciles de observar o medir en el campo, debido a la gran complejidad de los ecosistemas, el hacer uso de indicadores es útil para medir la calidad de un sitio dada por la estabilidad del sitio/suelo, funcionalidad hídrica y la integridad biótica de un área. Estos indicadores son componentes de un sistema cuyas características (presencia o ausencia, cantidad o distribución) son utilizadas como un índice de un atributo que es difícil, inconveniente o caro de medir (Adams *et al.* 2003, Pellant *et al.* 2005).

Pellant y colaboradores (2003 y 2005) utilizan 17 diferentes combinaciones de indicadores para medir la condición de un ecosistema. Cada uno de los indicadores presenta cinco descripciones con una explicación que el evaluador revisa antes de agregar una mejor categoría para cada indicador (Joyce y Heitsschmidt 2003). La determinación de la salud ó

condición de un área a través de un solo indicador es inadecuada porque no refleja ni cuantifica la complejidad de los procesos ecológicos. No existe un solo indicador de salud sino un grupo de indicadores claves que deben de ser utilizados en la determinación de la condición de salud de un área (Adams *et al.* 2003, Kerr 1992 en Pellant *et al.* 2003, O'Brien *et al.* 2003).

### 2.5 Productividad primaria (biomasa)

Otro agente importante dentro de un ecosistema es la disponibilidad de alimento. Este se encuentra en función directa de la cantidad (productividad) y distribución de la vegetación, mismas que a su vez varían de forma natural dependiendo de los patrones de precipitación, pero que también se pueden ver afectadas de forma artificial por las actividades del hombre, entre las que se encuentra la ganadería extensiva (Hoogland 1995, Xia *et al.* 2010). Cuando el pastoreo intenso llega a sobrepasar la capacidad de carga de un ecosistema, se presenta una dramática disminución en la productividad (biomasa) del mismo, ocasionada por una severa destrucción del material vegetal y su difícil recuperación (Ávila 2009, Orta 1988), lo cual a su vez disminuye la cantidad de alimento disponible que requieren los organismos para satisfacer sus requerimientos energéticos (Bronson 1989 y Veloso y Bozinovic 2000, en Rioja 2003).

La ganadería en las zonas áridas del Norte de México incluye la producción de cabras y ovejas, los cuales son manejados bajo sistemas de pastoreo en tierras comunales con grandes hatos de animales, algunos de ellos comparten los recursos con el perrito llanero mexicano (Mellado 2005), por lo que estimar la productividad en estos sitios nos ofrece la oportunidad de manejar adecuadamente la actividad ganadera en ellos.

En este sentido, se han realizado diversos estudios donde se estima la producción de biomasa en colonias donde habita el perrito llanero. Rioja (2003) encontró que la productividad promedio mensual en el Rancho Demostrativo “Los Ángeles”, propiedad de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en el municipio de Saltillo, Coahuila, fue de 74.85kg/ha (0.07 ton/ha); mientras que en la colonia conocida como “La Perforadora”, perteneciente al mismo municipio, tuvo una producción de 51.88kg/ha (0.05 ton/ha).

En Nuevo León, Medrano (2010) estimó una producción promedio anual de 108.20 kg/ha (0.11 ton/ha) en el ANP Llano La Soledad, mientras que en el ANP La Hediondilla, tuvo una producción media anual de 55.10 kg/ha (0.05 ton/ha). Ambos trabajos concuerdan en que existe una diferencia significativa en la productividad de biomasa en sitios no fragmentados y fragmentados del hábitat del perrito llanero, siendo esto relevante ya que existen estudios que indican una clara asociación entre el perrito y su hábitat en cuanto a la disponibilidad de forraje (Ávila 2009).

### 3. HIPÓTESIS

**H<sub>0</sub>** Las actividades antropogénicas impactan las Áreas Naturales Protegidas establecidas para la conservación del perrito llanero mexicano *Cynomys mexicanus*.

**H<sub>0</sub>** La salud del ecosistema es diferente entre las ANP's establecidas para la conservación del perrito llanero mexicano.

### 4. OBJETIVOS

#### 4.1 General

- Evaluar el impacto antropogénico en las áreas naturales protegidas establecidas para la conservación del perrito llanero mexicano *Cynomys mexicanus* en Nuevo León.

#### 4.2 Particulares

- Analizar los cambios de uso de suelo dentro de las Zonas Sujetas a Conservación Ecológica La Trinidad, Llano La Soledad y La Hediondilla para el perrito llanero mexicano.
- Determinar la salud del ecosistema en las tres Zonas Sujetas a Conservación Ecológica.
- Evaluar la producción anual de biomasa aérea en cada Zona Sujeta a Conservación Ecológica

## 5. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra en el municipio de Galeana, Nuevo León, en las Zonas Sujetas a Conservación Ecológica (Figura 1), las cuales en conjunto suman 15,271.59 hectáreas y protegen las colonias más extensas del perrito llanero mexicano en el Estado, las cuales a su vez se encuentran dentro de la región terrestre prioritaria # 81 denominada “El Tokio” que abarca un total de 245,000 hectáreas ubicada entre los estados de Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí y Zacatecas (CONABIO 2008). También, dicho sitio es considerado dentro de las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves en México (AICA # 232, Cotera-Correa y Scott-Morales 2000).

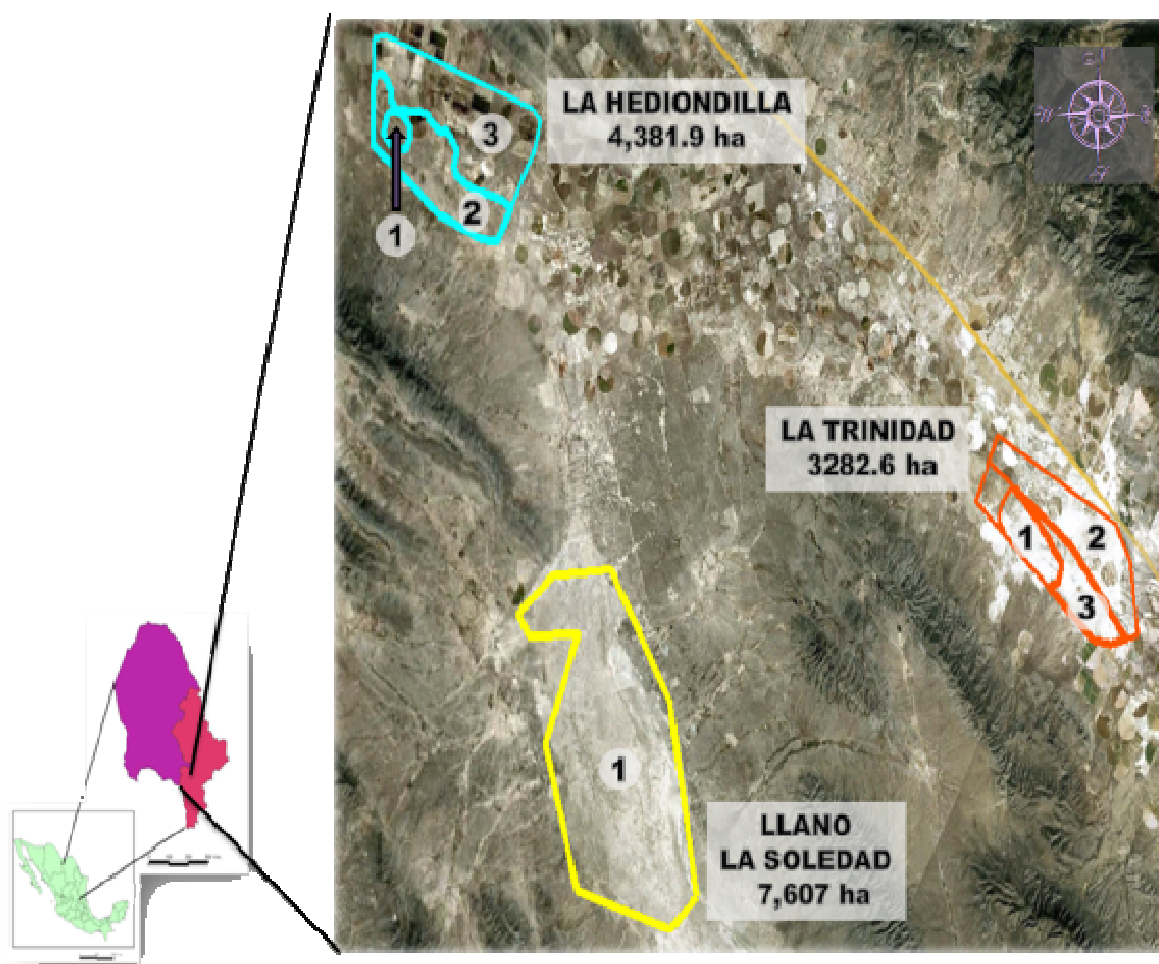


Figura 1. Localización, dimensiones y zonificación de las Zonas Sujetas a Conservación Ecológica que protegen al perrito llanero mexicano en Galeana, N. L. (1-ZN: zona núcleo; 2-ZAASA: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas; 3-ZAASRN: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales).



La *Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Trinidad (ZSCET)* cuenta con una extensión de 3282.6 ha y comprende predios de las poblaciones del Ejido La Trinidad, Las Vegas, 6 de Enero y Francisco Villa, en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, Subprovincia Sierras y Llanuras Occidentales incluyéndose dentro de la Ecorregión del Desierto Chihuahuense (Contreras-Balderas *et al.* 2008, PRONATURA 2003).

Por su parte, la *Zona Sujeta a Conservación Ecológica Llano La Soledad (ZSCES)* tiene una superficie de 7,607 ha y corresponde a las poblaciones del Ejido La Hediondilla, San Ramón, San José del Alamito y Carboneras, así como a pequeños propietarios (Yen 2006, Contreras-Balderas *et al.* 2008).

Por último, la *Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Hediondilla (ZSCEH)* abarca una extensión de 4,381.9 ha, correspondiendo a las poblaciones del Ejido Las Esperanzas y San Juan del Prado (PRONATURA 2003, Yen 2006, Contreras-Balderas *et al.* 2008).

Cada una de las ANP's cuenta con un Zona Núcleo de Uso Restringido (ZN) que consta de una superficie en buen estado de conservación donde se busca mantener las condiciones actuales de los ecosistemas, e incluso mejorarlas en los sitios que así se requiera, en las que podrán realizarse excepcionalmente actividades de aprovechamiento que no modifiquen los ecosistemas y que encuentren sujetas a estrictas medidas de control. Se podrán realizar investigaciones experimentales o de observación donde se establezcan estaciones de monitoreo o equipos de investigación especializados, así como actividades de educación y recreación pasiva y de ganadería de sustento en forma limitada, controladas con previa autorización ó incluso puede ser totalmente restringido. Se requiere de la autorización de la SEMARNAT para la realización de cualquiera de estas actividades. Cuentan también cada una con mecanismos de control que permitirán un monitoreo cercano y constante a las acciones que se realizan en el manejo y operación cotidiana para asegurar el rumbo correcto en la utilización de los recursos materiales y humanos destinados a las Zonas Sujetas a Conservación Ecológica (PRONATURA 2003).

La ZSCE La Trinidad y La Hediondilla cuentan con una Zona de Amortiguamiento de Aprovechamiento Sustentable de Agro-ecosistemas (ZAASA) que tiene como función principal orientar las actividades de aprovechamiento que ahí se lleven a cabo, las cuáles deben conducir hacia el desarrollo sustentable creando al mismo tiempo las condiciones necesarias para lograr la conservación del ecosistema de ésta a largo plazo, ya que es una Zona que está determinada por ser aquella superficie con uso actual agrícola y pecuario. Así mismo, cuentan con una Zona de Amortiguamiento de Aprovechamiento sustentable de Recursos Naturales (ZAASRN) que tiene como objetivo el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales principalmente en los predios con potencial agrícolas y ganaderos, con una visión combinada de aprovechamiento sustentable y conservación a corto, mediano y largo plazo (PRONATURA 2003).

### *5.1 Fisiografía*

Las 3 ANP's de estudio se encuentran dentro de la Provincia de la Sierra Madre Oriental, subprovincia de la Gran Sierra Plegada, a los 1500 y 2000 msnm; las llanuras son de origen aluvial, algunas están salinizadas y frecuentemente con piso rocoso (caliche). Las características geológicas y edáficas de la región han resultado en endemismos que hacen de estos sitios una región única en el NE de México (PRONATURA 2003, Yen 2006, CONABIO 2008).

### *5.2 Clima y vegetación*

Las ANP's se caracterizan por el tipo de clima Seco  $BS_0hw(x')$  con lluvias en verano y escasas a lo largo del año, representado por el subtipo semicálido, una precipitación total anual de 300 a 400 mm, temperatura media anual de 18° a 20° C, e invierno fresco (González 2002, CONABIO 2008).

Se ubican en la región hidrológica RH37 El Salado, no cuenta con corrientes perennes de agua, el único arroyo intermitente cercano de importancia es El Quijote, que nace hacia el suroeste de la localidad de Amaro, además de un gran número de arroyos intermitentes. El tipo de vegetación es denominado Matorral Desértico Micrófilo, sobresaliendo las comunidades

compuestas por el binomio de las especies gobernadora (*Larrea tridentata*) y hojaseñ (*Flourensia cernua*), así como la palma china o izote (*Yucca filifera*) y las nopaleras del género *Opuntia*, en el caso de la palma, por su altura y distribución, le da una apariencia característica al matorral (Cantú *et al.* 1997, CONABIO 2008).

El pastizal gipsófilo está dominado por *Muhlenbergia villiflora* con una ocurrencia de 73%, asociado con *Zinnia anomala* con un 30% y *Nerisyrenia camporum* con 23% respectivamente; las comunidades que circundan a los pastizales están constituidas esencialmente por *Larrea tridentata*, *Flourensia cernua*, *Acacia constricta*, *Mimosa aculeaticarpa*, *Lycium berlandieri*, *Koerberlinia spinosa* y *Parthenium spp.* Es importante señalar la presencia de *Solanum eleagnifolium*, especie cuya semilla impide la reproducción de caprinos, es indicadora de disturbio. Sin embargo, su baja presencia en la ZSCES, comparado a otros sitios en los alrededores, indica que esta área presenta un menor grado de disturbio que los sitios circundantes a esta zona (González 2002, PRONATURA 2003, Yen 2006, Contreras-Balderas *et al.* 2008, Gutiérrez 2008).

Los pastizales gipsófilos de estas ANP's son las que presentan el mejor grado de conservación en todo el noreste de México, la homogeneidad de la vegetación es palpable y la presencia de malezas adventicias y ruderales no son comunes. Sin embargo, el grado de disturbio que han venido presentando las regiones con mayor impacto es debido al avance de la frontera agrícola y del pastoreo, salinización de los suelos y cambios en el uso para el cultivo de papa y alfalfa (PRONATURA 2003, CONABIO 2008, Gutiérrez 2008).

Por otra parte, con respecto a la cobertura vegetal de algunos sitios habitados por el perrito llanero, Yen (2006) encontró que el ANP La Hediondilla es la ZSCE que ha perdido gran parte de su superficie original, permaneciendo tres fragmentos de poco más de 400 ha cada uno, encontrándose un mayor número de malezas, al igual que las zona del ejido El Tokio. Los resultados también revelaron que aquellos sitios que poseen tierras agrícolas abandonadas en El Tokio y la Hediondilla, resultan ser más diversos al compararlos con el pastizal nativo, debido a que dichas áreas albergan además de las especies nativas, especies herbáceas y arbustivas muy diferentes en estructura y composición al pastizal original. En el

ANP Llano La Soledad destacan con altos valores de cobertura *Dalea gypsophila*, *D. radicans*, *Zinnia anomala* y *Tiquilia canescens*, además de que solamente aquí se presentaron (Yen 2006).

### 5.3 Suelo

Los suelos del hábitat del perrito llanero mexicano pueden presentarse con alto contenido de carbonato de calcio, o bien, con alto contenido de yeso (Reyna 2007), la presencia de grandes cantidades de éste último es un factor que determina, en última instancia, la presencia de planas gypsófilas. Los suelos son Xerosol-Haplico, Xerosol gipsófilo profundos, no rocoso de textura media, principalmente grises o cafés, de origen aluvial (INEGI 2002-2005).

La textura es de tipo arcillosos, el 33% de suelo franco arcilloso y un 17% de suelo franco arcilloso limoso. El Promedio de inclinación del suelo alcanza casi el 4% (González-Saldívar 2002, en Medrano 2010), con bajo contenido de materia orgánica y pH alcalino (Reyna 2003).

### 5.4 Fauna

La ZSCET, ZSCES y ZSCEH están representadas por un número de especies, que a pesar de no ser muy grande, incluye elementos tanto de la región neártica como neotropical, que aunados a las especies endémicas y relictos, ofrecen un mosaico biológico de más de 200 especies de vertebrados (PRONATURA 2003, CONABIO 2008, García-Marmolejo *et al.* 2008) entre los cuales se encuentran la zorra norteña (*Vulpes macrotis*) y el tejón (*Taxidea taxus*) (Yerena 2004), el gorrión endémico de Worthen *Spizella wortheni* (Canales 2005) y tres especies de aves amenazadas (*Aquila chrysaetos*, *Charadrius montanus* y *Falco mexicanus*) y 3 más en protección especial (*Buteo regalis*, *Buteo jamaicensis* y *Falco mexicanus*) (Doria 2006, D. O. F. 2010), todo esto generando información básica para promover la importancia y conservación de este ecosistema (Yen 2006).

De las 43 especies de reptiles registradas ninguna especie es endémica, pero ocho están sujetas a protección especial y ocho se encuentran amenazadas de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010. Los anfibios están representados por un total de 10 especies, solo una se encuentra bajo la categoría de protección especial, 115 especies de aves han sido registradas para la zona, de las cuales 1 está sujeta a protección especial y 3 se encuentran amenazadas de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010. Los mamíferos en estas áreas cuentan con 41 especies registradas, una está sujeta a protección especial y tres se encuentran amenazadas de acuerdo a la NOM-059- SEMARNAT-2010 (González-Saldívar 2002, D. O. F. 2010).

Cabe destacar que estas áreas naturales protegidas representan un corredor importante para aves rapaces migratorias y residentes como el Águila Real (*Aquila chrysaetos*), Aguillilla Real (*Buteo regalis*), Chorlo llanero (*Charadrius montanus*), Lechuza Pocera (*Athene cunicularia*) y el Gorrión de Worthen (*Spizella wortheni*), especie endémica y muy relacionada a la distribución del perrito llanero mexicano (Cotera-Correa y Scott-Morales 2000, Canales 2005, Contreras-Balderas *et al.* 2008).

### 5.5 Uso de suelo

En la *Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Trinidad* se pueden identificar diversas actividades productivas, como la ganadería extensiva de vacunos, caprinos, ovinos y equinos, el aprovechamiento de la lechuguilla (*Agave lechuguilla*) y las actividades agrícolas al norte y sur del área. Se considera que el gran contenido de haluros en el área y los sistemas de riego tecnificados (Gutiérrez 2008), aceleran la erosión, la compactación y por último la salinización del suelo, haciendo que las tierras sean productivas por una temporada y después se abandonen por cuestiones de sanidad, lo cual trae como consecuencia que se sigan abriendo más tierras para los cultivos en la zona. La renta de tierras con fines agrícolas es un evento común en las comunidades ejidales, donde además se les emplea para la pizca de diversos productos agrícolas. Lo anterior repercute directamente sobre la continuidad de la vegetación en la ZSCET y por ende fragmentan el hábitat que sirve de corredor para la fauna y flora de la región (Cantú *et al.* 1997, INEGI 2002-2005, Gutiérrez 2008).

La principal actividad productiva en la *Zona Sujeta a Conservación Ecológica Llano La Soledad* (ZSCES) es el pastoreo de ganado caprino, ovino, vacuno y equino. El pisoteo y sobrepastoreo de este ganado, al no ser controlado con cercos o por sistema de rotación, produce compactación de la tierra (Lovina R. *et al.* 2009) haciendo que se conduzca a la erosión y cambios en la composición de la vegetación, pero también reduce el potencial económico de los habitantes locales (INEGI 2002-2005, Manzano 2006, Yen 2006, Gutiérrez 2008).

Por último, los habitantes de la *Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Hediondilla* (ZSCEH) se dedican al sector primario como la agricultura, ganadería y la recolección del “cortadillo” (*Nolina cespitifera*) (Castillo *et al.* 2009), y en menor porcentaje al sector secundario como maquiladoras y minería. Adicionalmente, se llevan a cabo la creación de nuevos caminos y carreteras que provocan impacto directo sobre la calidad del suelo, además de compactación resultando en un decremento de la infiltración e incrementando la erosión del suelo, así como sobre las comunidades vegetales, incluyendo en la mayoría de las ocasiones una remoción total de la superficie del suelo y de toda la vegetación lo que ha favorecido la fragmentación y disminución de la calidad de los pastizales y del hábitat de los perritos llaneros. El sobre pastoreo es otra amenaza en esta ANP que reduce la calidad del hábitat, el manejo de ganado se realiza sin control dado de que no se encuentran cercos que permitan realizar una rotación de potreros (INEGI 2002-2005, Adams *et al.* 2003, Yen 2006, Gutiérrez 2008).

## **6. MÉTODOS**

Todas las actividades desarrolladas para obtener la información de campo en este trabajo se realizaron de febrero del 2010 a febrero del 2011.

### *6.1 Evaluación del cambio de uso de suelo*

Primeramente, se recopiló la información histórica sobre las áreas de cada sitio de estudio, por medio de la cuantificación y análisis de la superficie de pastizal gypsófilo y halófilo disponible y de las áreas agrícolas presentes en las cartas de uso actual del suelo y

vegetación G14-7 y G14-10 escala 1:250,000, Series I, II y III. Así mismo, se utilizaron para el presente trabajo diversas imágenes satelitales como herramienta para la cuantificación del cambio de uso de suelo en las tres áreas de estudio, las cuales fueron las siguientes: LANDSAT MSS path30row43nad27 del 22 de julio de 1973, LANDSAT TM path28row43nad27 del 16 de marzo de 1990, LANDSAT ETM path28row43nad27 del 01 de noviembre de 2001 y LANDSAT path28\_row43 de Noviembre de 2006, e imagen satelital del GeoEye Google Earth ver.5 del 5 de junio de 2000 y Digital Globe Google Earth ver.5 del 20 de junio de 2004, las cuales contienen información geográfica de la características de la vegetación de la zona de estudio (INEGI 2002-2005).

Se delimitaron manualmente las áreas agrícolas así como los sitios abandonados que se refieren a aquellas zonas que fueron cultivadas y después dejaron de ser empleadas para dicha actividad, convirtiéndose en sitios en recuperación ó recolonización natural con evidencia de pastos y perrito llanero, sobre las cartas e imágenes mencionadas anteriormente para su comparación multitemporal (Treviño-Villarreal y Grant 1998, Scott *et al.* 2004, Gutiérrez 2008), haciendo énfasis antes de la declaratoria como áreas naturales protegidas y después de la misma.

Posteriormente y con la finalidad de verificar la disponibilidad actual del hábitat para *Cynomys mexicanus* en las áreas naturales protegidas, se realizaron recorridos en campo donde se identificaron y obtuvieron con un geoposicionador (GPS315-Magellan) todos aquellos sitios con perritos llaneros que existen actualmente. Las coordenadas obtenidas se trabajaron con los Sistemas de Información Geográfica ArcMap ver. 9.3.1 y Google Earth ver. 5, se hizo una comparación con la información obtenida de las series I, II y III y de las imágenes satelitales con lo que se conoció el impacto en el cambio de uso de suelo en las áreas naturales protegidas para la conservación del perrito llanero mexicano en Nuevo León, tomando de referencia la metodología de Gutiérrez (2008).

## 6.2 Evaluación de la salud del pastizal

Inicialmente se ubicaron y reconocieron las ANP's de interés con la finalidad de observar la vegetación presente, aspecto de la superficie del suelo y la variabilidad del área así como la identificación de caminos adyacentes, veredas, aguajes, cárcavas, áreas deforestadas y otros disturbios que pudieran afectar los procesos dentro del sitio de interés (Pellant *et al.* 2003). Con la recopilación de toda esta información y las observaciones hechas en cada ANP, además de las características peculiares de estos pastizales (espacios planos cubiertos de aluviones) (Yen 2006) se seleccionaron los indicadores a utilizar para evaluar la salud de cada sitio ecológico.

Se establecieron y ubicaron geográficamente, 30 parcelas sobre 5 transectos de 2.6 km cada uno en la ZSCE La Trinidad, 32 parcelas sobre 4 transectos de 4 km cada uno en la ZSCE La Hediondilla y 60 parcelas en 5 transectos de 6 km en la ZSCE Llano La Soledad (Figura 2). La diferencia en el número de parcelas que hubo entre ANP's fue resultado de la extensión que poseen y el número de transectos posibles dentro de ellas de manera aleatoria. A lo largo de cada transecto se colocaron parcelas de 10 m x 10 m cada 500 m y dentro de éstas se definieron en bloques al azar dos parcelas de 1 m<sup>2</sup> (Anexo VII, Figura 37).

La finalidad de contar con dos tamaños de parcela fue de evaluar sobre las de mayor dimensión aquellos indicadores que requirieron de un horizonte amplio para su apreciación (indicadores 1, 5 y 6 para el caso de matorral) y dentro de las más pequeñas se midieron el resto de los indicadores que demandaron mayor puntualización en su percepción (indicadores 2, 3, 4, 5, 7 y 8).



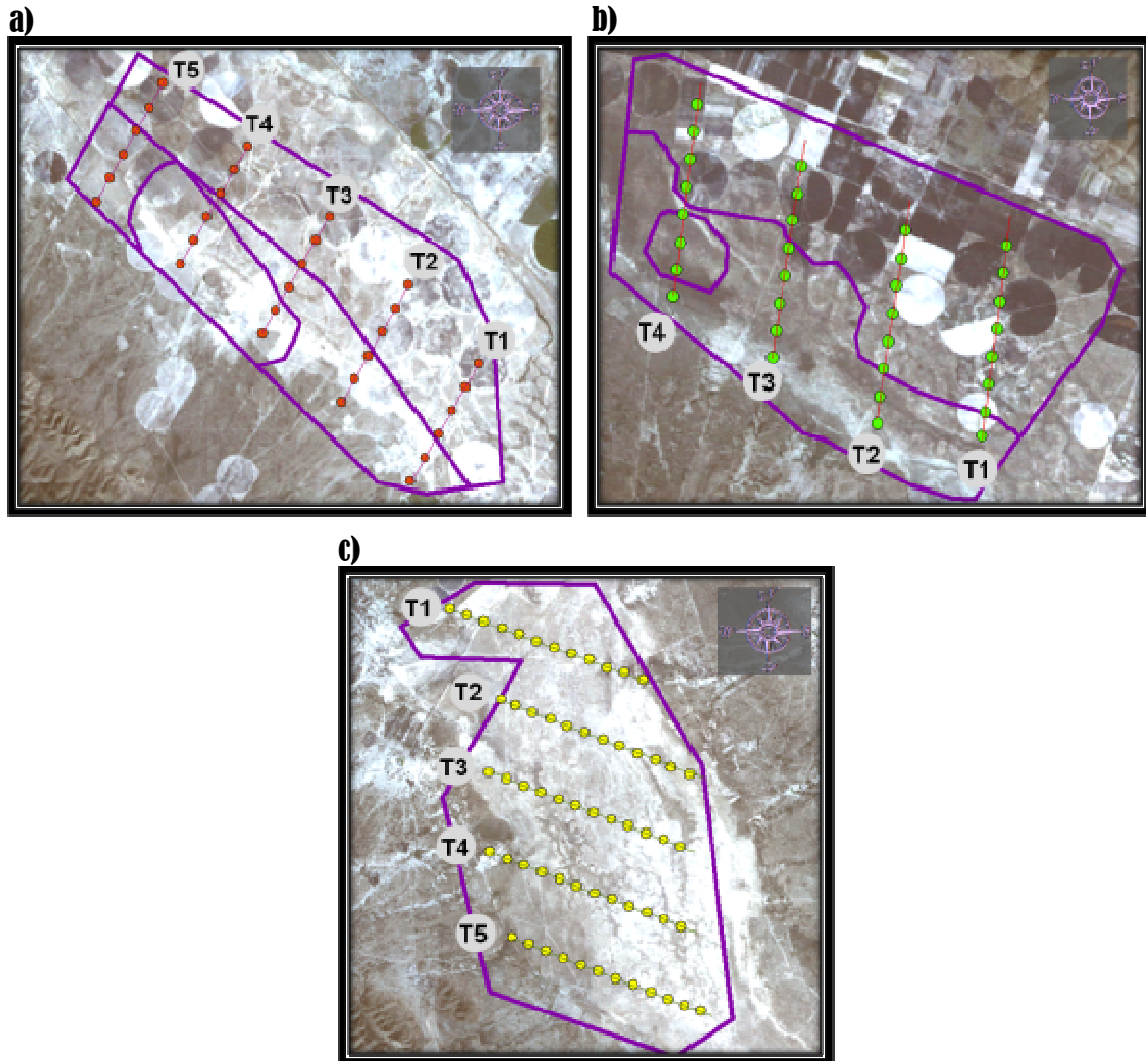


Figura 2. Ubicación de transectos (T) y las parcelas de muestreo (círculos) en la ZSCE La Trinidad (a), La Hediondilla (b) y Llano La Soledad (c).

El registro de la información se realizó en forma mensual, generalmente en la segunda o tercera semana del mes. Los sitios muestreados en cada ANP fueron ubicados sobre mapas y numerados. La toma de datos se realizó alternando mensualmente las parcelas con números pares y para el mes siguiente las numeradas con impares, excepto aquellas que se encontraron dentro de las ZN de La Trinidad y La Hediondilla, donde el tamaño de estas zonas es mucho menor con respecto al resto de sus zonificaciones, por lo que se tomaron todas las parcelas en cada muestreo sin importar el número con el que estuvieron marcadas. El promedio mensual de parcelas muestreadas fue de: 17 para la ZSCET, 14 en la ZSCEH y de 30 en la ZSCES.

Se tomaron datos de ocho indicadores, siempre de la misma forma en todos los casos y de manera consecutiva para las 3 ANP's (Anexo VIII, Figura 50-58), por medio de la observación del grado de diferencia de la descripción del sitio ecológico, considerando las siguientes categorías: *Extremo: E, Medio: Me, Moderado: M, Ligero: L y Nulo: N* (Pellant *et al.* 2003).

Estos indicadores determinaron la salud del pastizal por medio de los siguientes atributos: a) Estabilidad del Sitio/Suelo (S) que se refiere a la capacidad de un sitio para delimitar la redistribución y pérdida de los recursos del suelo por causa de agua y viento, b) Funcionalidad Hidrológica (H) referida a la capacidad de un sitio para capturar, almacenar y liberar algo del agua de lluvia, escurrimientos y nieve, resistir una reducción en esta capacidad y recobrarla después de una degradación, c) Integridad Biótica (B) que indica la capacidad de un sitio para mantener características funcionales y una estructura de las comunidades en un contexto de variabilidad normal, resistir la pérdida de esa función y estructura debido a un disturbio, y recobrase después de un disturbio. Los indicadores considerados son los siguientes (Pellant *et al.* 2005):

**I.-PEDESTALES Y/O TERRACETAS** (son rocas o plantas que aparecen elevadas como un resultado de la pérdida de suelo por erosión de agua o viento. También pueden resultar de procesos no erosivos [Anderson 1974, Morgan 1986]). Este indicador evalúa el atributo S y H.

<i>E</i>	<i>Me</i>	<i>M</i>	<i>L</i>	<i>N</i>
Pedestales abundantes y activos y numerosas terracetas. Muchas rocas y plantas con pedestales; la exposición de las raíces de las plantas es común.	Pedestales activos moderados; terracetas comunes. Algunas plantas y rocas presentan pedestales con raíces expuestas ocasionalmente.	Pedestales ligeramente activos: la mayoría de los pedestales están en las corrientes de los escurrimientos e interespacios y/o en laderas expuestas. Ocasionalmente terracetas presentes.	Pedestales activos o formación de terracetas es raro; alguna evidencia de formación de pedestales en el pasado, especialmente en las corrientes de los escurrimientos y/o en laderas expuestas.	Ausentes, poco comunes o las esperadas para el sitio.

2.-**ÁREA DE SUELO DESNUDO** (es suelo orgánico o mineral que es susceptible a la erosión debido al golpe de las gotas de lluvias, la cual es la forma inicial de erosión por agua [Morgan 1986]). Este indicador evalúa el atributo S y H.

<i>E</i>	<i>Me</i>	<i>M</i>	<i>L</i>	<i>N</i>
Mucho más alta de lo esperado para el sitio. Grandes áreas desnudas y generalmente conectadas.	Moderado a mucho más alta de lo esperado para el sitio. Grandes áreas desnudas y ocasionalmente conectadas.	Moderadamente altas a lo esperado para el sitio. Las áreas de suelo desnudo son de tamaño moderado y esporádicamente están conectadas.	Ligera a moderadamente más alto de lo esperado para el sitio. Las áreas de suelo desnudo son pequeñas y raramente se conectan.	La cantidad y tamaño de las áreas desnudas es lo esperado para el sitio.

3.- **RESISTENCIA DE LA SUPERFICIE DEL SUELO A LA EROSIÓN** (la resistencia depende de la estabilidad del suelo, micro topografía y la variabilidad espacial en la estabilidad del suelo debido a cobertura y topografía [Morgan 1986]). Este indicador evalúa el atributo S, H y B.

<i>E</i>	<i>Me</i>	<i>M</i>	<i>L</i>	<i>N</i>
Extremadamente reducida a través del sitio. Estabilización de agentes biológicos incluyendo mantillo y costra biológica virtualmente ausente.	Significativamente reducida en la mayoría de los interespacios de la cobertura vegetal y moderadamente reducido bajo la cobertura. Agentes estabilizadores presentes sólo en parches aislados.	Significativamente reducida en al menos la mitad de los interespacios de la cobertura vegetal o moderadamente reducida a través del sitio.	Alguna reducción en la estabilidad de la superficie del suelo entre los interespacios entre plantas o ligera reducción a través del sitio. Agentes estabilizadores reducidos por debajo de lo esperado.	Lo esperado para el sitio. La superficie del suelo esta estabilizada por productos de la descomposición de la materia orgánica y/o costra biológica.

4.-**COMPACTACIÓN DEL SUELO** (se refiere al endurecimiento de la capa de suelo cercana a la superficie debido al impacto repetido o disturbio de la superficie del suelo [Wallace 1987]). Este indicador evalúa el atributo H.

<i>E</i>	<i>Me</i>	<i>M</i>	<i>L</i>	<i>N</i>
Extensivo; severamente restringe el	Con amplia distribución; grandemente	Moderadamente distribuido; moderadamente	Raramente presente o poco. Poco restringe el	Nulo a mínimo; no restringe el movimiento de

<i>E</i>	<i>Me</i>	<i>M</i>	<i>L</i>	<i>N</i>
movimiento del agua y la penetración de raíces.	restringe el movimiento de agua y penetración de raíces.	restringe el movimiento de agua y penetración de raíces.	movimiento de agua y penetración de raíces.	agua y penetración de raíces.

5.-**DISMINUCIÓN DE LA COBERTURA AÉREA** (las plantas o partes de las plantas, vivas o muertas sobre la superficie del suelo [Pellant *et al.* 2003]). Este indicador evalúa el atributo S, H y B.

<i>E</i>	<i>Me</i>	<i>M</i>	<i>L</i>	<i>N</i>
Cambios adversos en la cobertura aérea vegetal han ocurrido.	Cambios negativos en la cobertura aérea vegetal han ocurrido.	Cambios en la cobertura aérea vegetal significativamente reducida a través del sitio.	Cambios en la cobertura aérea vegetal ligeramente reducida a través del sitio.	Cobertura aérea vegetal (cantidad y distribución) adecuadas para el potencial del sitio.

6.-**PLANTAS INVASORAS** (incluye todas las plantas que no se presentan en el área de interés bajo condiciones naturales o que sus poblaciones se han incrementando por arriba de lo normal [Pellant *et al.* 2003]). Este indicador evalúa el atributo B.

<i>E</i>	<i>Me</i>	<i>M</i>	<i>L</i>	<i>N</i>
Dominado el sitio.	Común a través del sitio.	Distribuidas sin ser abundantes a través del sitio.	Presentes principalmente en áreas de disturbio.	Raramente presentes en el sitio.

7.-**FRAGMENTACIÓN DE LA COSTRA BIOLÓGICA** (microorganismos y plantas no vasculares que crecen sobre o justamente bajo la superficie del suelo [Pellant *et al.* 2003]). Este indicador evalúa el atributo S, H y B.

<i>E</i>	<i>Me</i>	<i>M</i>	<i>L</i>	<i>N</i>
Encontrada solamente en áreas protegidas, muy limitado los grupos funcionales	Grandemente ausente, ocurre principalmente en áreas protegidas	En áreas protegidas y baja presencia en los interespacios	Presencia evidente en el sitio pero la continuidad de las costras ligeramente fragmentadas.	Ampliamente intacto y coincidente con la capacidad del sitio.

8.-*PRODUCCIÓN ANUAL* (es un indicador de la energía capturada por plantas y su disposición para consumidores secundarios en un ecosistema bajo ciertas características climáticas [Whittaker 1975]). Este indicador evalúa el atributo B y fue empleado en la producción de biomasa

<i>E</i>	<i>Me</i>	<i>M</i>	<i>L</i>	<i>N</i>
Menos de 20% del potencial reducido	Del 20 al 40% del potencial de producción	Del 40 al 60% del potencial de producción	Del 60 al 80% del potencial de producción	Excede el 80% del potencial de producción

### 6.3. Producción de biomasa

La producción de biomasa aérea para cada una de las ANP's, utilizando los mismos transectos permanentes mencionados en la sección anterior. De acuerdo a las características de la parcela evaluada, la biomasa se calculó para pastizal por medio de cuadrantes de 1m<sup>2</sup> dentro de las parcelas de 10mx10m previamente establecidas donde el corte de la vegetación se hizo a 3cm sobre la superficie del suelo, biomasa de matorral dentro de los cuadrantes fijos de 100m<sup>2</sup> y biomasa de vegetación invasora en cuadrantes de 1mx1m dentro de las parcelas de 10mx10m. Todas las muestras colectadas en campo fueron depositadas en bolsas de papel para posteriormente ser secadas en estufa a una temperatura de 75°C y finalmente ser pesadas en una balanza digital.

### 6.4 Análisis estadístico

Mediante un análisis de series de tiempo, con el programa estadístico Minitab ver. 14, se graficaron las estimaciones obtenidas en campo de las áreas abiertas para la agricultura y los sitios con disturbio, integrando los datos extraídos de las cartas de uso de suelo y vegetación y de las imágenes satelitales, por zona para cada ANP, con el objetivo de determinar la tendencia que representa cada serie de tiempo y visualizar si muestran algún patrón de comportamiento. A cada serie de tiempo se le aplicó un análisis de regresión que permitió definir modelos que sirvieron para predecir sucesos en los siguientes años con respecto al uso del suelo en los sitios de estudio (Villacorta *et al.* 2002, Pérez 2007).

Para cada zona de las tres ANP's, se realizó la estadística descriptiva y se generaron tablas de frecuencia con los datos categóricos de los indicadores, haciendo uso del programa

Statistica Ver. 10, con la finalidad de organizar y observar la distribución conjunta de cada variable (indicador), expresados en histogramas y gráficas de frecuencia para una mejor visualización (Conover 1980).

Con los resultados anteriores, se estableció en cada zona de las tres ANP's, el estatus funcional de cada atributo que determinó la salud del pastizal, por medio de un enfoque de "evidencia ponderada" (Pellant *et al.* 2005), que resumió la condición de salud de las áreas evaluadas. Para llegar a lo antepuesto, se estableció la categoría que mejor describió cada atributo por medio de la evaluación de todos los indicadores, decisión que se basó en establecer donde caían la mayoría de las observaciones de cada indicador (frecuencia) proporcionándoles una calificación (categoría) que es acompañada del análisis de todos los comentarios de cada formato. También se tomaron en cuenta otras observaciones o información recopilada de las áreas, llegando así a un solo criterio que definió la salud de cada zona en cada ANP.

Los datos de la biomasa aérea del pastizal, matorral y vegetación invasora fueron sometidos con el programa Statistica Ver. 10, a un análisis exploratorio de datos con ayuda de diagramas de caja y bigote para identificar y, de ser necesario, eliminar o corregir observaciones atípicas en cada caso. Posteriormente, se les aplicó la estadística descriptiva para explorar las tendencias generales de variación entre los diferentes tipos de biomasa en cada sitio de estudio (McDonald 2009), además de emplearse la prueba de Kolmogorov-Smirnov para verificar la normalidad de los datos (Sánchez-González 2002). Se representó de manera gráfica el comportamiento de la producción promedio mensual de la biomasa aérea entre las zonas de cada ANP y entre las ANP's, y finalmente, con un análisis de Kruskal-Wallis usando el programa Statistica Ver. 10, se evaluó si existe diferencia significativa en la producción mensual de biomasa dentro de cada área protegida y entre ANP's (Dytham 2003, Rioja 2003).

## **7. RESULTADOS**

### *7.1 Cambio de Uso de suelo*

En general, con la información de campo obtenida en enero y febrero del 2011 y superponiendo las áreas agrícolas, sitios abandonos y zonas en recolonización delimitadas sobre las imágenes satelitales correspondientes a los años 1973, 1990, 2000, 2001, 2004 y 2006, permitió cuantificar la superficie de pastizal natural que ha sido desmontado para la actividad agrícola a lo largo de estos 38 años en las diferentes Áreas Naturales Protegidas establecidas para la conservación del perrito llanero mexicano.

#### *7.1.1 Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Trinidad*

##### *7.1.1.1 Uso Histórico*

En el año de 1973 no se detectaron áreas desmontadas dentro de la ANP La Trinidad, pero para el año de 1990 (cuando aun no existían la declaratoria de área natural protegida) se abrieron alrededor de 388.14 ha para la actividad agrícola, de las cuales 206.98 ha fueron en la Zona Núcleo, 131.15 ha en la ZAASA y el resto, 49.66 ha en la ZAASRN. El pastizal nativo en ese año era de 2913.83 ha (Figura 3).

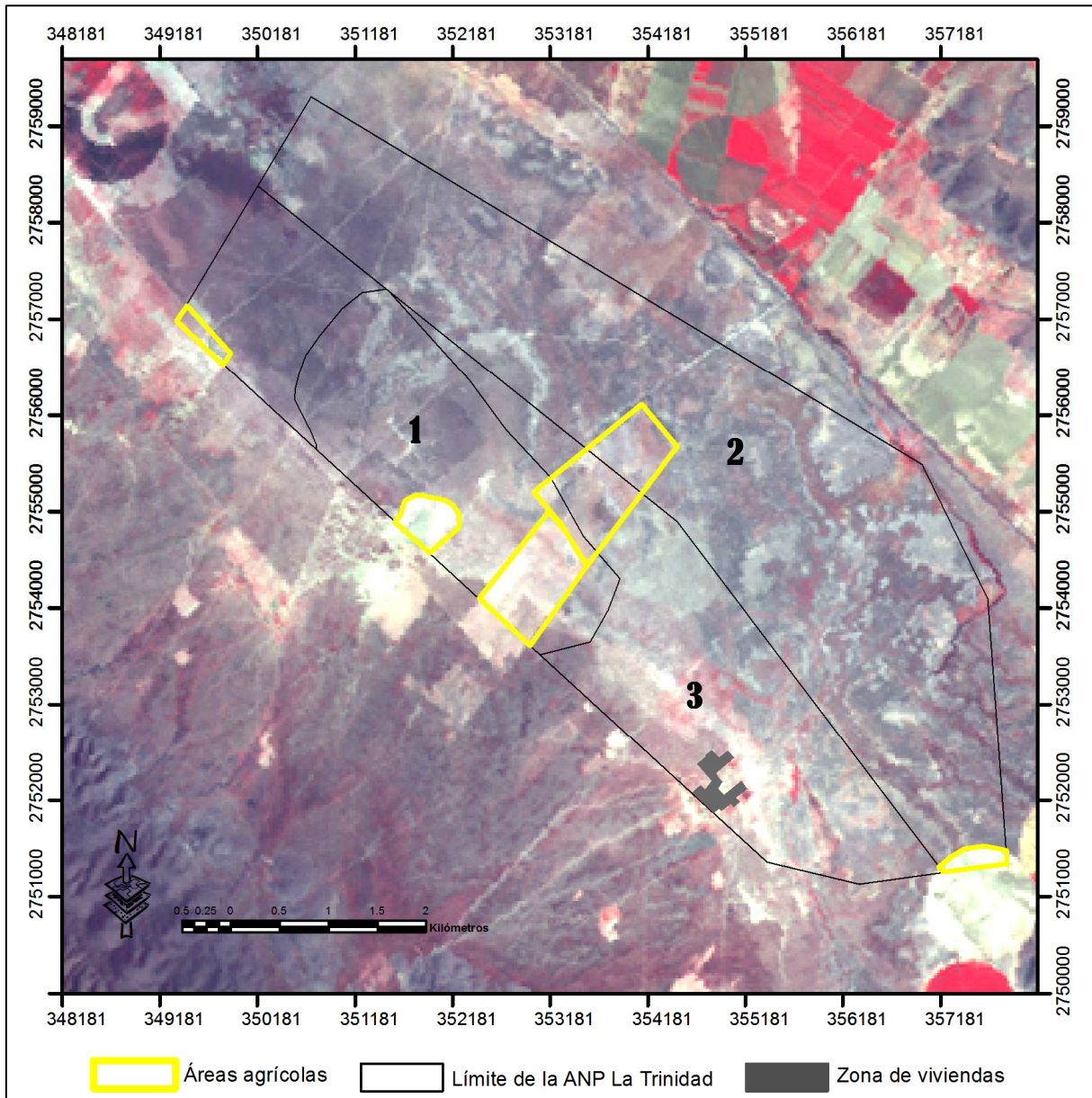


Figura 3. Imagen LANDSAT TM del 16 de marzo de 1990 con los límites de La Trinidad y sitios agrícolas (1-ZN: zona núcleo; 2-ZAASA: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas; 3-ZAASRN: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales).

Mientras que del año de 1990 al 2000, la apertura de nuevas tierras para la agricultura aumentó a 468.5 ha, la mayoría son evidentes formas circulares características de sistemas de riego tipo pivote que aun son populares en el área. La superficie de estos desmontes fue de 13 ha para la ZN con un traslape en dicha zona, 285.18 ha en la ZAASA y 170.32 ha en la ZAASRN, además de 5 ha en recolonización, mientras que el pastizal nativo para este año era de 2828.47 ha (Figura 4).



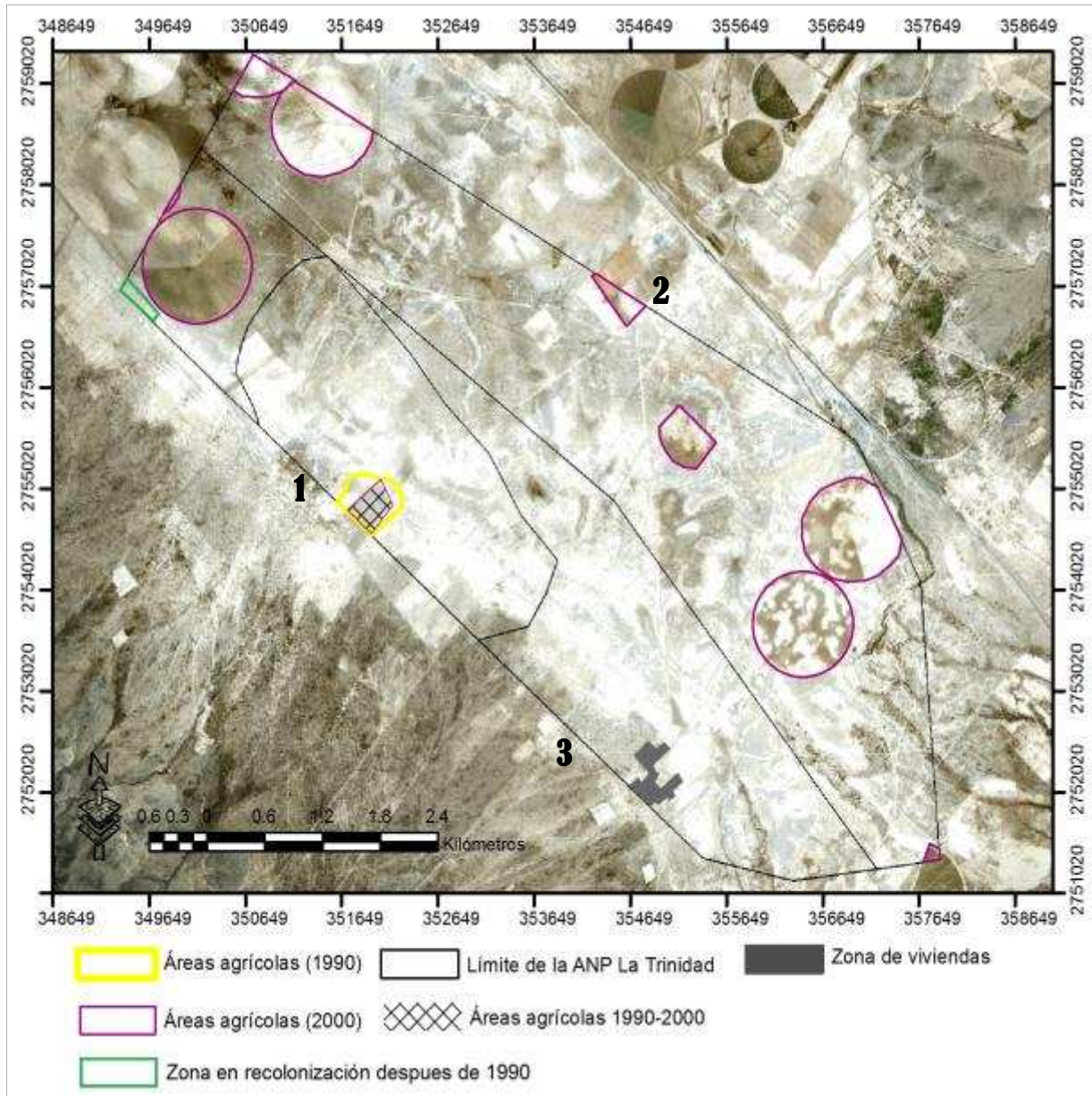


Figura 4. Imagen GeoEye Google Earth del 5 de junio de 2000 con los límites de La Trinidad, sitios agrícolas correspondientes para este año, traslapes con años anteriores y sitios en recolonización (1-ZN: zona núcleo; 2-ZAASA: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas; 3-ZAASRN: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales).

La actividad agrícola había aumentado en la ANP La Trinidad abriéndose nuevos pivotes y reutilizándose otros que fueron empleados el año anterior, así que para el 2001 el desmonte de pastizal casi se había duplicado siendo para ese año de 819.19 ha, es decir, 16.43 ha en la ZN, 637.99 ha en la ZAASA y 164.77 ha en la ZAASRN (Figura 5).

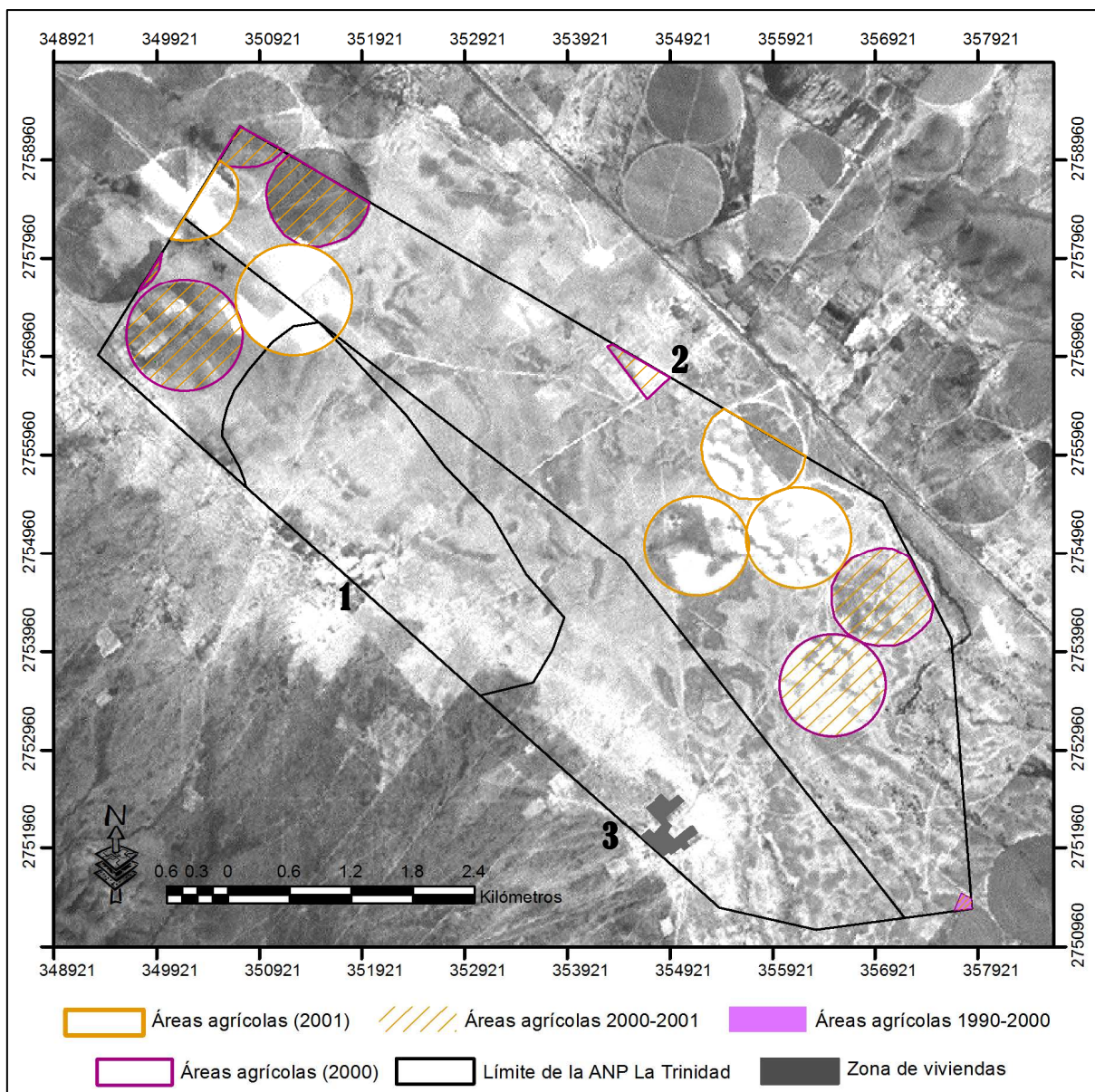


Figura 5. Imagen LANDSAT ETM del 01 de noviembre de 2001 con los límites de La Trinidad, sitios agrícolas correspondientes a este año y traslapes con años anteriores (1-ZN: zona núcleo; 2-ZAASA: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas; 3-ZAASRN: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales).

En el año 2006 se utilizaron un total de 1339.30 ha compuestas de la siguiente manera: en la ZN se transformaron 38 ha nuevas para la agricultura; en la ZAASRN 90 ha nuevas fueron abiertas para la actividad agrícola, 3 ha reutilizadas para la agricultura y 224 ha de las que estaban abandonadas o en recolonización; finalmente, en la ZAASA 98 ha nuevas se modificaron para la agricultura, 148 ha reutilizadas para el cultivo y las restantes 738 ha estaban en recolonización (Figura 6).

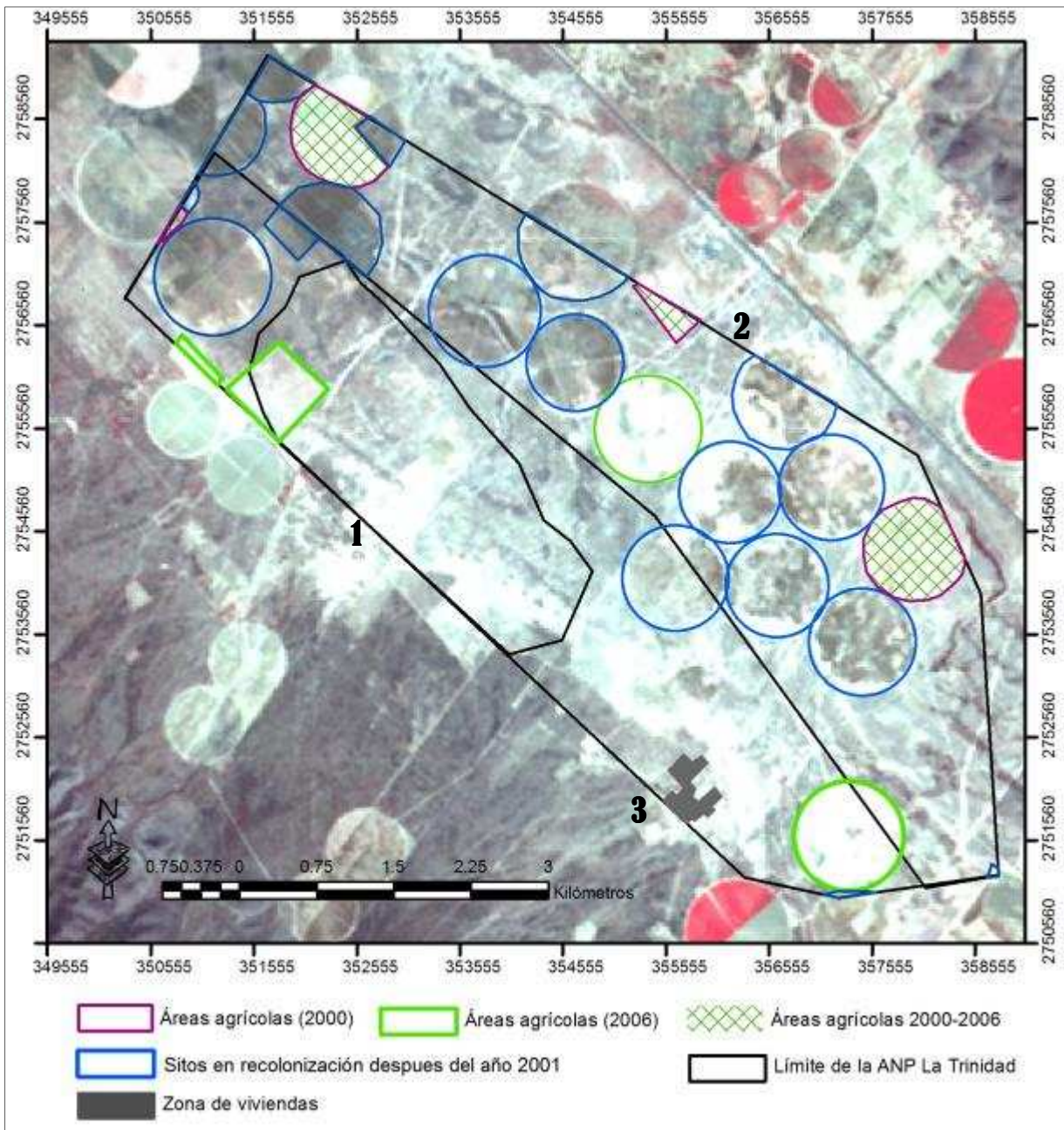


Figura 6. Imagen LANDSAT de noviembre 2006 con delimitación de La Trinidad, sitios agrícolas correspondientes para este año, traslapes con años anteriores y sitios en recolonización (1-ZN: zona núcleo; 2-ZAASA: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas; 3-ZAASRN: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales).

7.1.1.2 *Uso en el año 2011*

Contrastando la información recopilada en campo del año 2011 se observó que la ZN de La Trinidad presentó 20 ha reabiertas para la agricultura, mientras que en la ZAASA se

ubicaron 251 ha utilizadas para el cultivo y en la ZAASRN 114.5 ha con actividad agrícola (Figura 7).

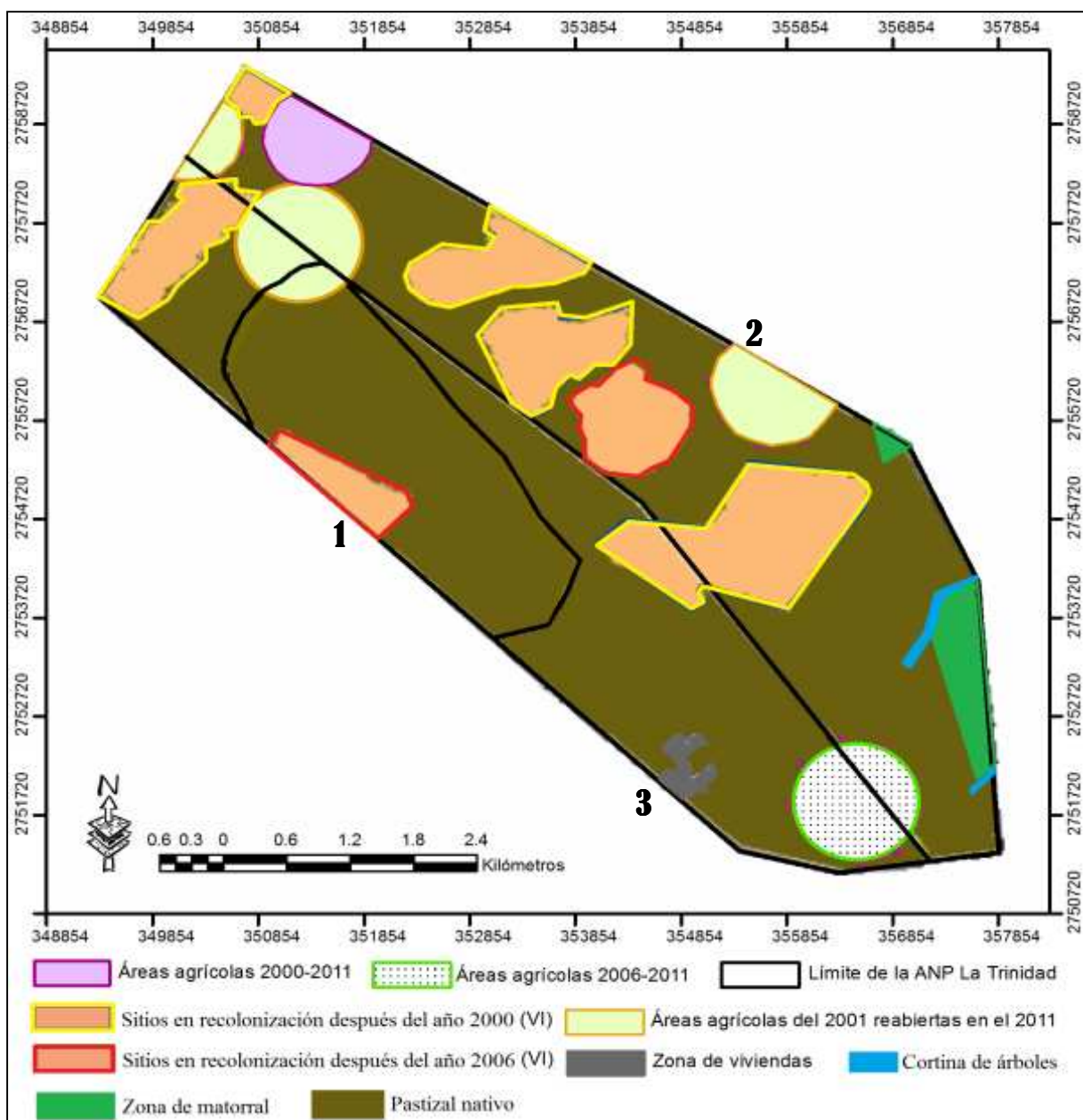


Figura 7. Delimitación de La Trinidad, patrón del uso del suelo correspondientes al año 2011, traslapes con años anteriores y sitios en recolonización (1-ZN: zona núcleo; 2-ZAASA: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas; 3-ZAASRN: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, VI: Vegetación Invasora).

Así, la situación actual de la superficie del pastizal halófilo y gypsófilo, con respecto al uso del suelo y áreas en recolonización o abandonadas después de haber sido anteriormente empleadas para la actividad agrícola, indica que para el presente año habían 501 ha de

superficie en recolonización y aun con presencia de vegetación invasora, además de 385.9 ha destinada a la agricultura.

En los últimos 38 años la superficie del pastizal halófilo y gypsófilo en la ZSCE La Trinidad ha sufrido cambios considerables a través del tiempo (Figura 8). La ZN resultó ser el área con menos evidencia de actividad agrícola durante todo el periodo analizado.

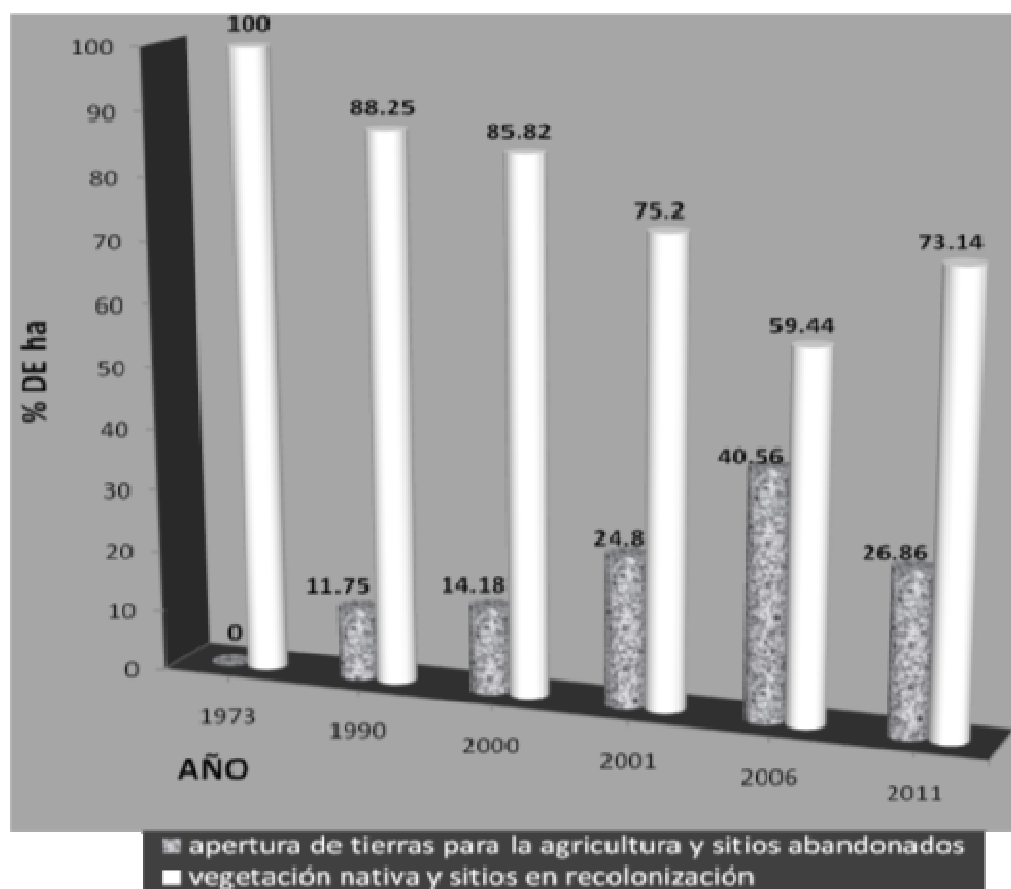


Figura 8. Tendencia histórica (porcentual) del pastizal y sitios en recolonización en el Área Protegida La Trinidad.

Para el año de 1973 la ZAASA de La Trinidad contaba con 1715.18 ha de pastizal y para el año 2011 presentó 1090.08 ha equivaliendo en éste lapso de tiempo, una pérdida de pastizal de 36.44% conformado por tierras destinadas a la agricultura, áreas abandonadas después de haber sido cultivadas y sitios en recuperación, mientras que la ZAASRN presentaba 1008.86 ha en el año de 1973 y para el 2011 contó con 765.12 ha correspondiendo para este periodo un 24.15% de pérdida de pastizal en ésta zona a causa del uso de tierras para la actividad agrícolas, sitios abandonos y zonas en recolonización (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cambios históricos de la superficie de pastizal en hectáreas y porcentaje (%) en cada zona que integra La Trinidad.

	Superficie total de pastizal	Pastizal remanente y sitios en recuperación por año					
		1973	1990	2000	2001	2006	2011
<b>ZN (ha)</b>	577.93	577.93 (100%)	370.95 (64.19%)	564.93 (97.75%)	561.5 (97.16%)	539.87 (93.42%)	559.78 (96.86%)
<b>ZAASA (ha)</b>	1715.18	1715.18 (100%)	1583.68 (92.34%)	1430 (83.38%)	1077.19 (62.81%)	730.85 (42.62%)	1090.08 (63.56%)
<b>ZAASRN (ha)</b>	1008.86	1008.86 (100%)	959.2 (95%)	843.54 (83.12%)	844.09 (83.67%)	691.95 (68.59%)	765.12 (75.85%)
<b>TOTAL (ha)</b>	3301.97	3301.97 (100%)	2913.83 (88.25%)	2828.47 (85.82%)	2482.78 (75.2%)	1962.67 (59.44)	2414.98 (73.14%)
ZN: zona núcleo de uso restringido ZAASA: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas ZAASRN: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales							

Para el año de 1973 el área protegida de La Trinidad contaba con 3301.97 ha de superficie de pastizal, en el año 2001 (año de su decreto) la superficie ocupada por pastizales nativos disminuyó 24.8%, ya que se desmontaron 819.20 ha. En el año 2006, la dinámica del uso y re-uso del suelo para la agricultura llegó a 1339.3 ha que la superficie de pasto del área protegida disminuyó en un 40.56%, pero en el 2011 se redujo esta dinámica a 886.99 ha correspondiente a un 26.86% de desmonte en el ANP. En general, entre el 2001 y el 2011, se dejaron de emplear y se re-colonizaron cerca de 452.31 ha recuperándose de manera natural un 13.7% de pastizal desde su decreto a la actualidad.

La Zona Núcleo de la ANP La Trinidad, a pesar de ser de uso restringido, presentó en diversos años actividad agrícola, encontrándose en el año 1990 una modificación en su superficie del 35.81%, para el 2001 (año de su decreto) la superficie de suelo ocupada por el cultivo fue de 2.84% y para el 2011 existió un 3.14% de superficie en recolonización natural dentro de la ZN.

Por otra parte los análisis de las series de tiempo de cada zona, en el ANP La Trinidad mostraron primeramente una variación secular para cada caso, en la Zona Núcleo el modelo de regresión cúbica fue el que más se ajustó a la serie ( $R-Sq=89.6\%$ , Figura 9), con un valor de  $p=0.152$  según el análisis de varianza y un  $\alpha=0.05$  (Anexo I, Cuadro I-1) indicando que el modelo cúbico no fue significativo para emplearse y obtener un posible pronóstico con respecto al comportamiento en años futuros dentro de la zona.

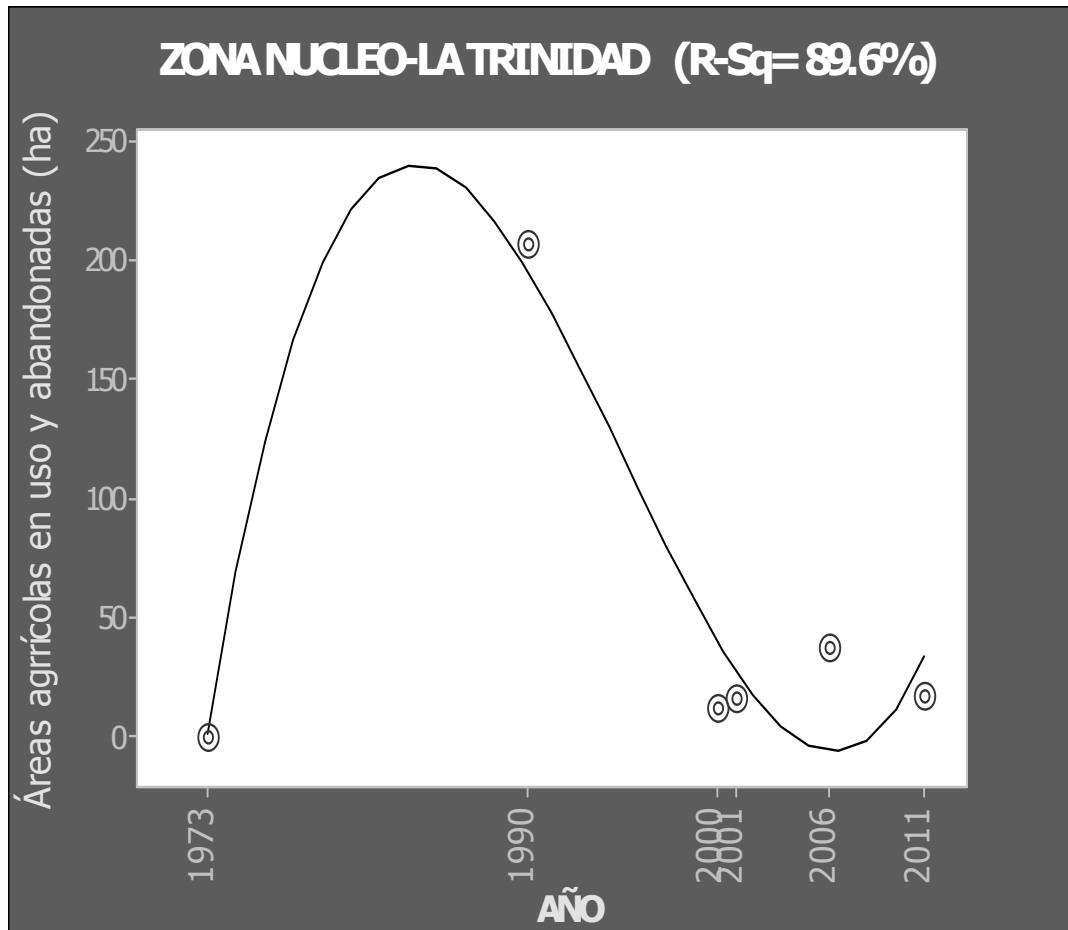


Figura 9. Representación gráfica de la regresión cúbica para la Zona Núcleo (ZN) en La Trinidad.

Por el contrario, los datos de la serie de tiempo de la ZAASA se ajustaron al modelo de regresión lineal ( $p=0.047$ ; Anexo I, Cuadro I-2) lo que lo hizo significativo para desarrollar un modelo de tendencia lineal con las condiciones de poder predecir para los próximos años (Figura 10). Así, se estimó que conforme transcurra el tiempo, el desmonte de tierras y la presencia de sitios con disturbio también tenderán a incrementarse en los siguientes años si los factores socioeconómicos se mantienen como en la actualidad, ya que en este caso, el uso de suelo para la actividad agrícola fue en aumento durante el periodo analizado, haciéndose notorio un incremento por arriba de la línea de tendencia para el año 2006.

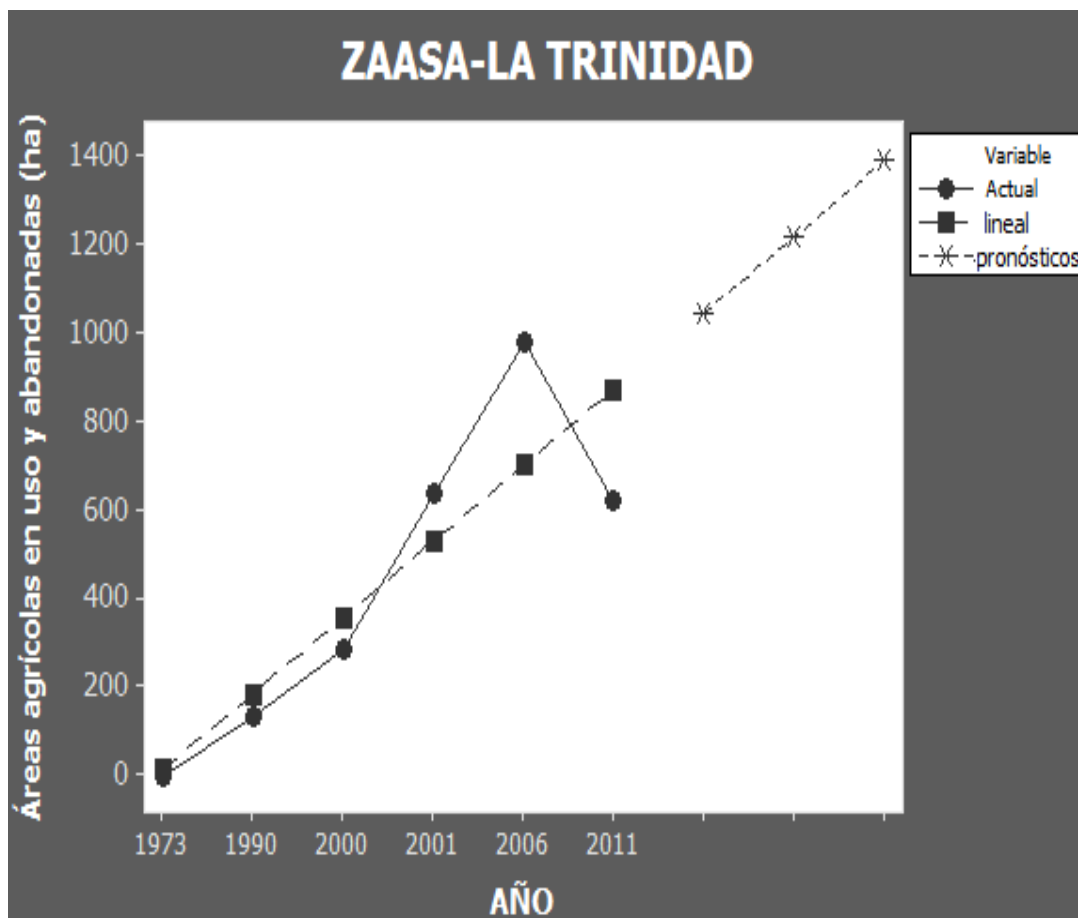


Figura 10. Modelo de tendencia lineal con pronósticos para la Zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agro-ecosistemas (ZAASA) en la Trinidad.

La serie de tiempo de la ZAASRN se ajustó a una modelo de regresión lineal ( $p=0.014$ ; Anexo I, Cuadro I-3) que permitió desarrollar con una gráfica de tendencia lineal, predicciones para los siguientes años (Figura 11). De igual forma que para la zona anterior, conforme transcurrió el tiempo se fue manifestando un aumento en la apertura de tierras para la agricultura y sitios con disturbio en la zona, hallándose para los años 2001 y 2006 incrementos por arriba de la línea de tendencia y una caída en el año 2011 por debajo de la tendencia lineal. Se predice que, de mantenerse el ritmo actual de desmontes para agricultura, para el año 2014 se habrán desmontado alrededor de 500 ha, lo que equivaldría al 50% de la superficie de esta zona (ZAASRN) en la Trinidad.



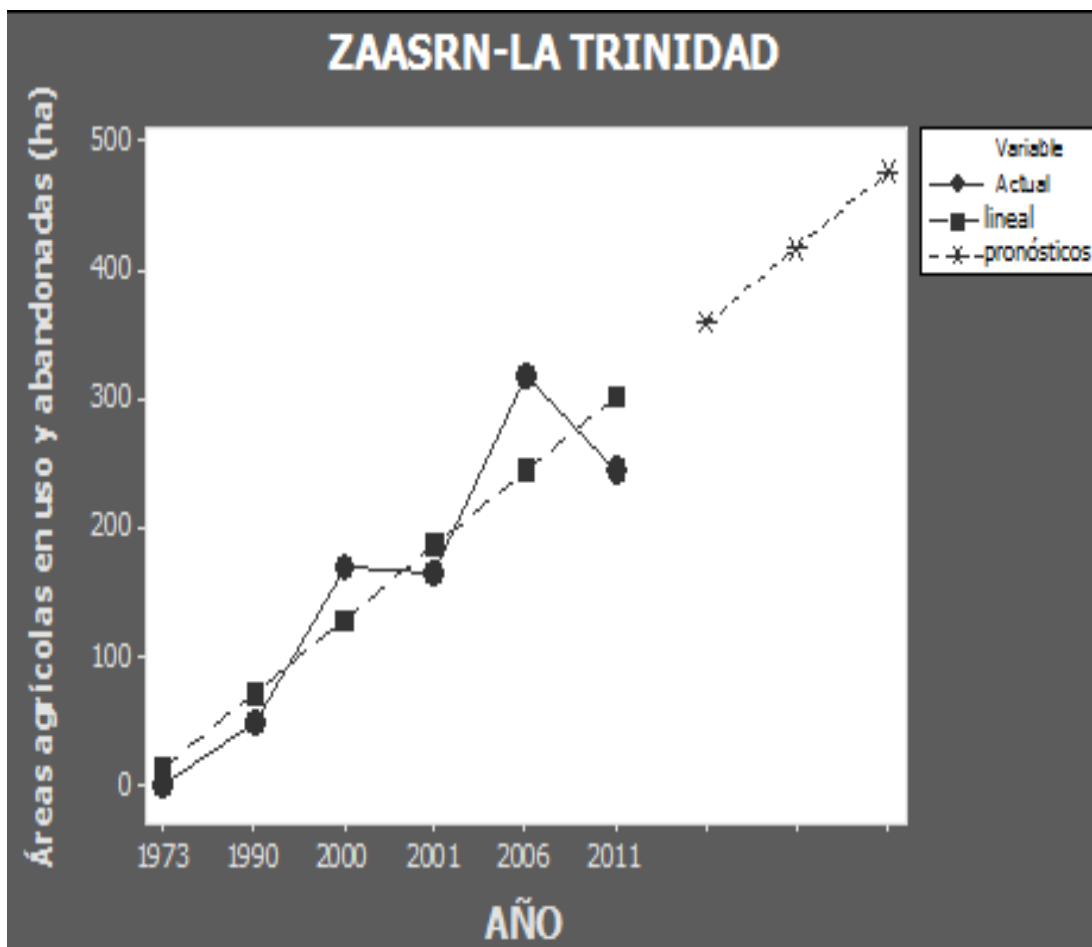


Figura 11. Modelo de tendencia lineal con pronósticos para la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales (ZAASRN) en La Trinidad.

De modo general, el comportamiento de la serie en la ZSCET fue de forma secular ya que existieron en periodos muy largos de tiempo (1990-2000 y 2001-2006) incrementos y disminuciones en el cambio de uso de suelo dentro del área protegida. El análisis de regresión lineal fue el que más se ajustó a la serie ( $p=0.030$ ; Anexo I, Cuadro I-4) lo que lo hizo significativo para obtener un modelo lineal (Figura 12) y con ello poder determinar que para los años siguientes la apertura de tierras para la agricultura podrían ir en aumento dentro del área, si se sigue manteniendo el mismo ritmo de la agricultura que existe en la actualidad.

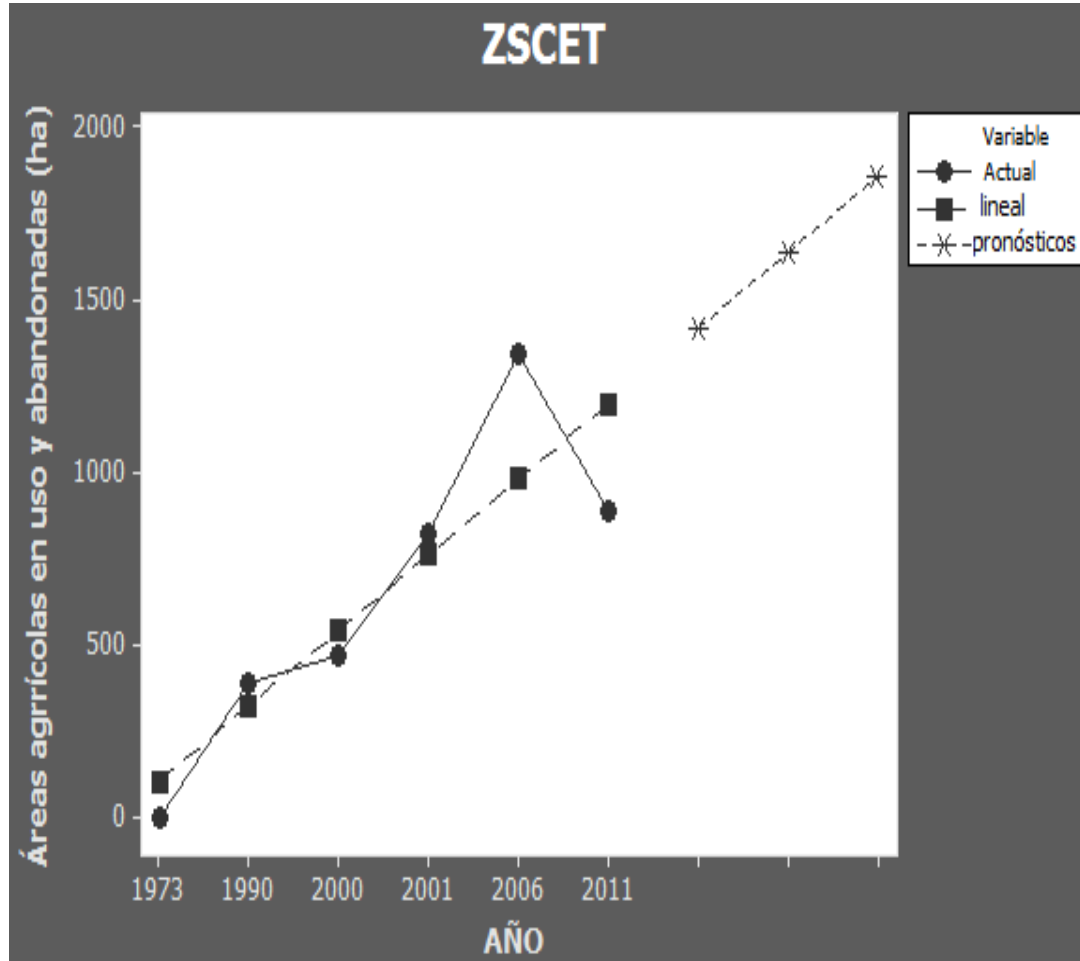


Figura 12. Modelo de tendencia lineal con pronósticos para la Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Trinidad (ZSCET).

### 7.1.2 Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Hediondilla

#### 7.1.2.1 Uso Histórico

A diferencia de las otras ANP's, en el año de 1973 La Hediondilla ya contaba con 687.38 ha de pastizal desmontado para la agricultura, pero únicamente dentro de la ZAASRN (Figura 13).

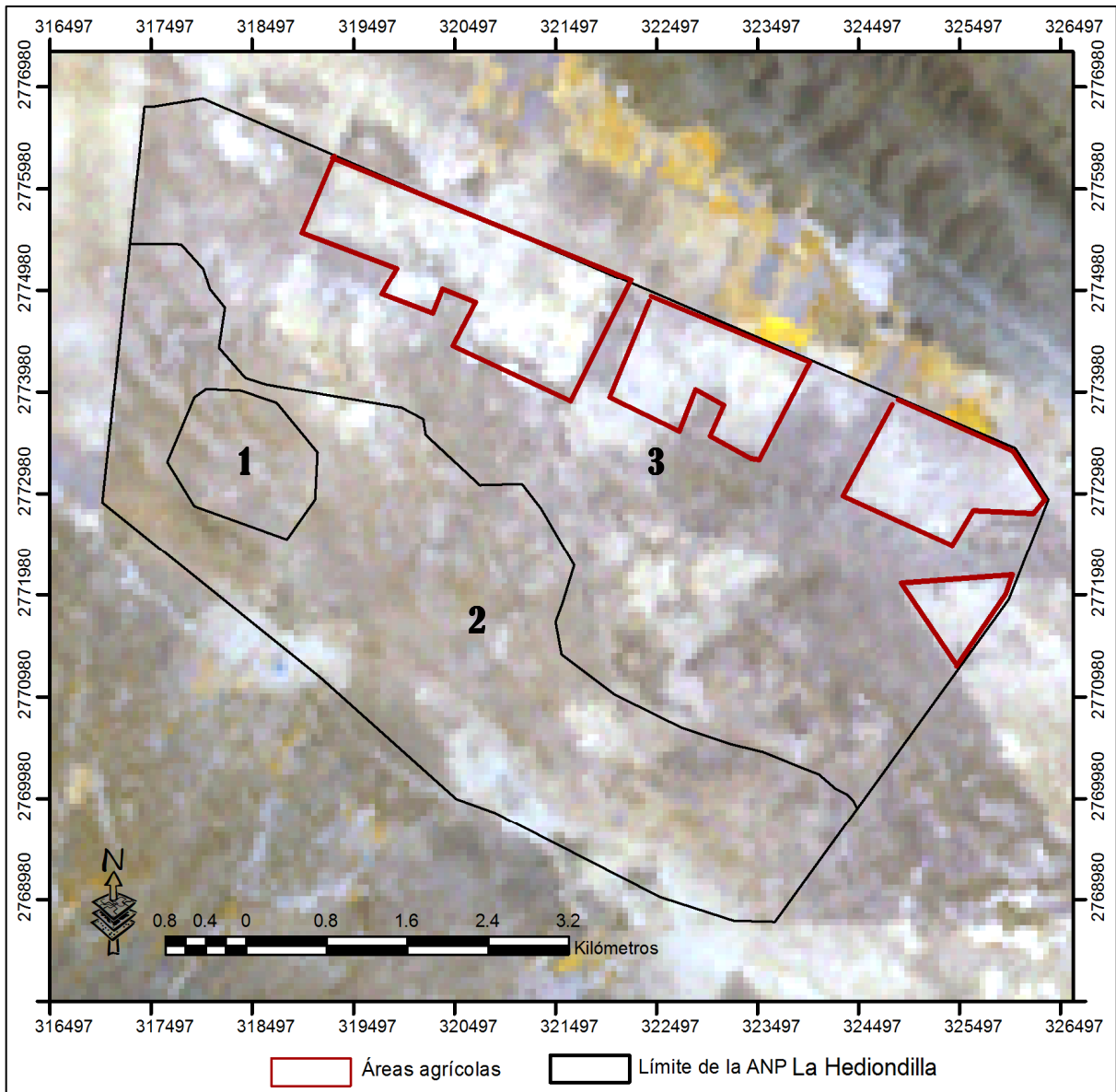


Figura 13. Imagen LANDSAT MSS del 22 de junio de 1973 con los límites de La Hediondilla y áreas agrícolas correspondientes para este año (1-ZN: zona núcleo; 2-ZAASA: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas; 3-ZAASRN: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales).

Para el año de 1990 se reutilizaron dentro de la ZAASRN 436.73 ha de las desmontadas en 1973, utilizándose de igual manera para la agricultura (Figura 14).

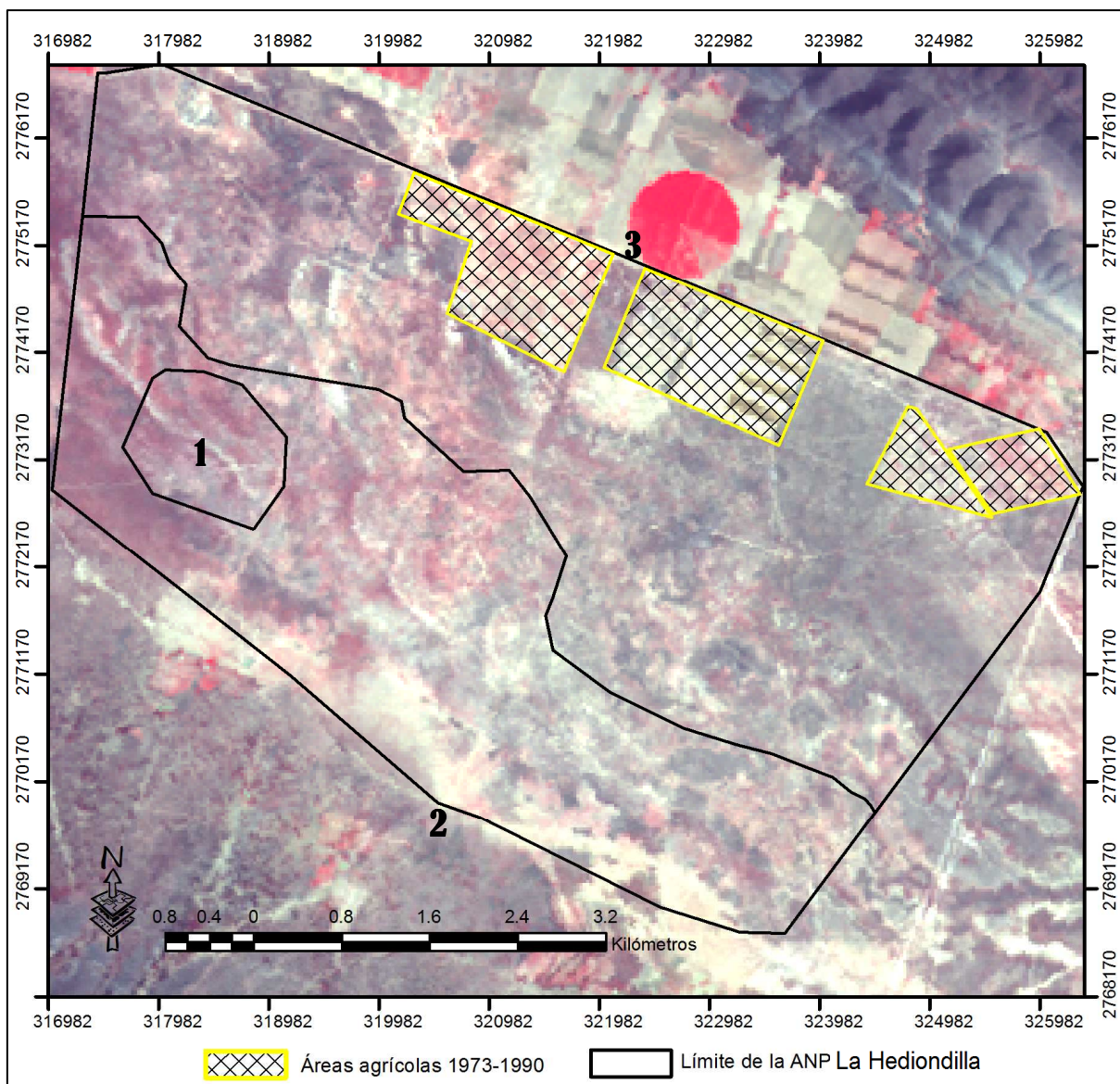


Figura 14. Imagen LANDSAT TM del 16 de marzo de 1990 con delimitación de la ANP La Hediondilla, sitios agrícolas correspondientes a este año y traslapes con años anteriores (1-ZN: zona núcleo; 2-ZAASA: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas; 3-ZAASRN: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales).

En el 2001, incrementó el desmonte de tierras dentro de la ZAASRN en La Hediondilla abriéndose 245 ha nuevas para la agricultura, 227.21 ha fueron reutilizadas del año anterior para esa misma actividad y 148.33 ha comenzaron una recolonización natural, quedando 3752.78 ha de pastizal nativo (Figura 15).

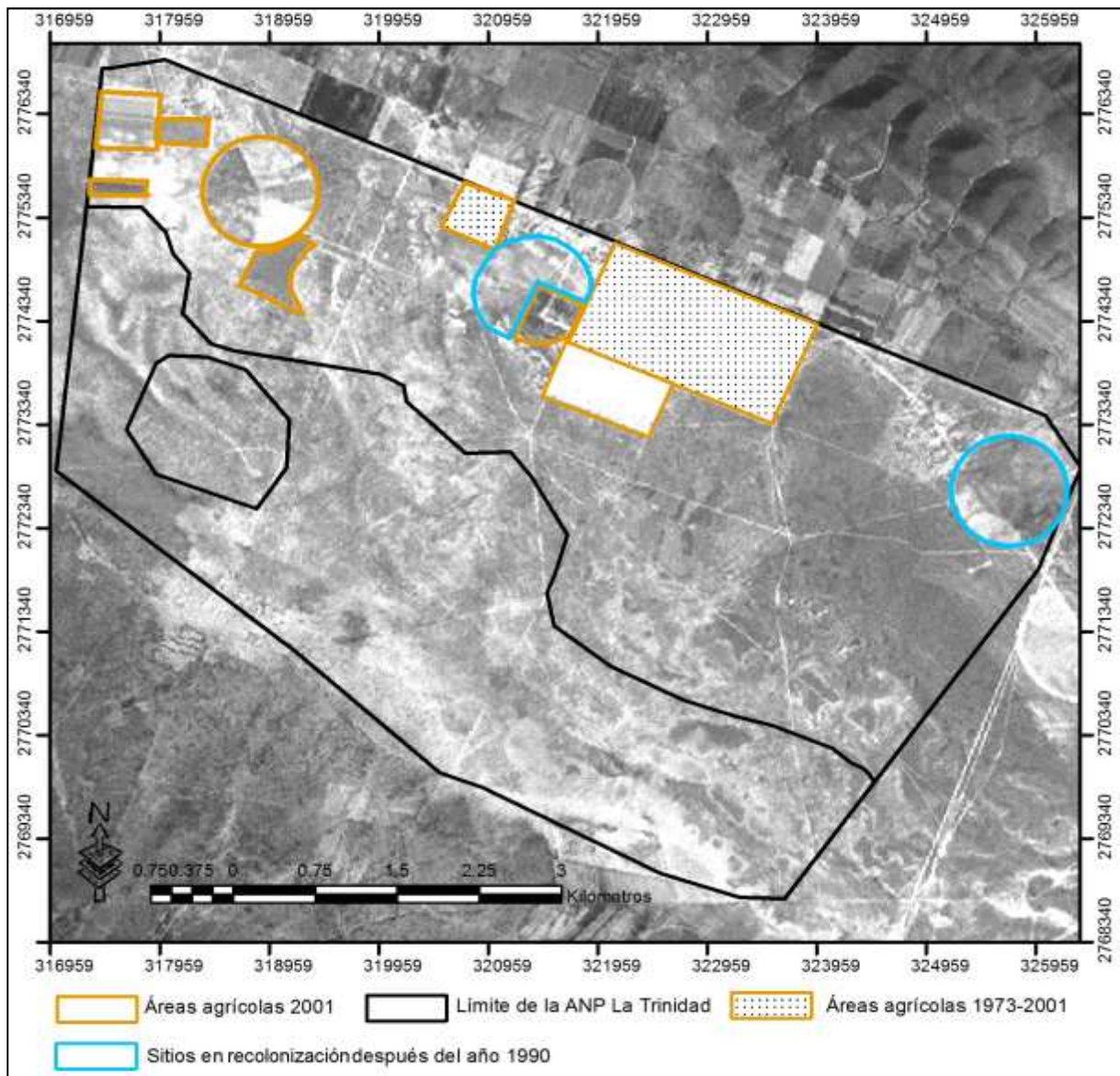


Figura 15. Imagen LANDSAT ETM del 01 de noviembre de 2001 con los límites de La Hediondilla, sitios agrícolas correspondientes para este año, traslapes con años anteriores y sitios en recolonización (1-ZN: zona núcleo; 2-ZAASA: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agro-ecosistemas; 3-ZAASRN: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales).

Posteriormente, en el año 2004 se utilizaron ambas zonas de amortiguamiento para actividades agrícolas, presentando las áreas cultivadas formas circulares que son características de sistemas de riego tipo pivote. En la ZAASA se desmontaron 80 ha nuevas de pastizal y 38 ha estaban en proceso de recolonización natural. Dentro de la ZAASRN se habían desmontado 402.5 nuevas ha, 1011.4 ha que se encontraban en recolonización y 159.5 ha reutilizadas para el cultivo. La cantidad de pastizal natural para este año era de 2681.90 ha (Figura 16).

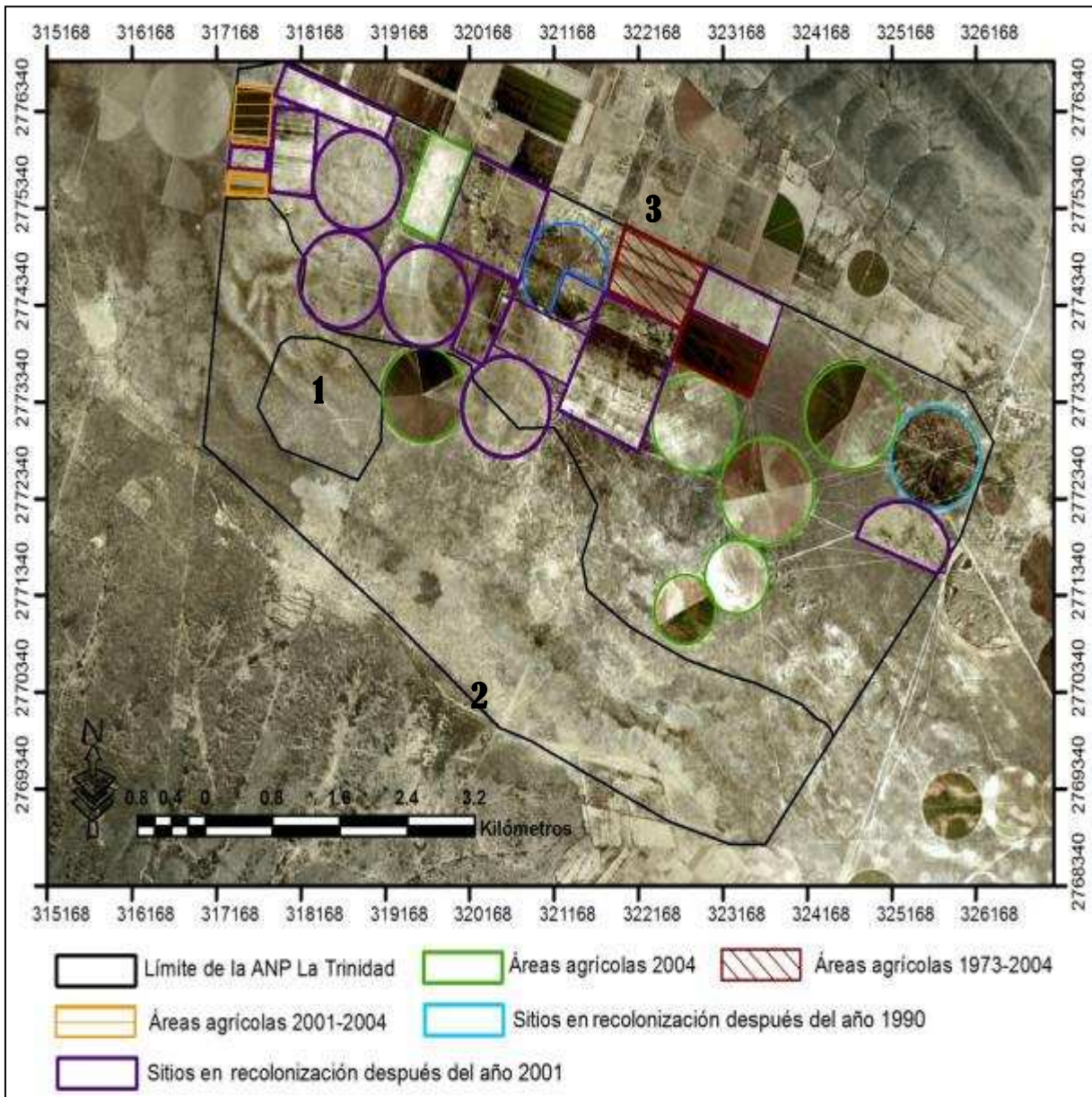


Figura 16. Imagen Digital Globe Google Earth del 20 de junio de 2004 con los límites de La Hediondilla y sitios agrícolas correspondientes para este año, traslapes con años anteriores y sitios en recolonización (1-ZN: zona núcleo; 2-ZAASA: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas; 3-ZAASRN: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales).

Cuantificando los cambios que ocurrieron dentro del pastizal para el año 2006 se estimó que en la ZAASA, 190 ha habían sido empleadas para la agricultura encontrándose en estado de recolonización para ese año y 55.5 ha nuevas fueron abiertas para la agricultura; por otro lado, en la ZAASRN habían 201.6 ha en estado de agricultura activa, 264.3 ha fueron reabiertas y 1304.7 ha presentaban alguna etapa de recolonización natural. El pastizal nativo constaba de 2357.16 ha dentro de la ANP (Figura 17).

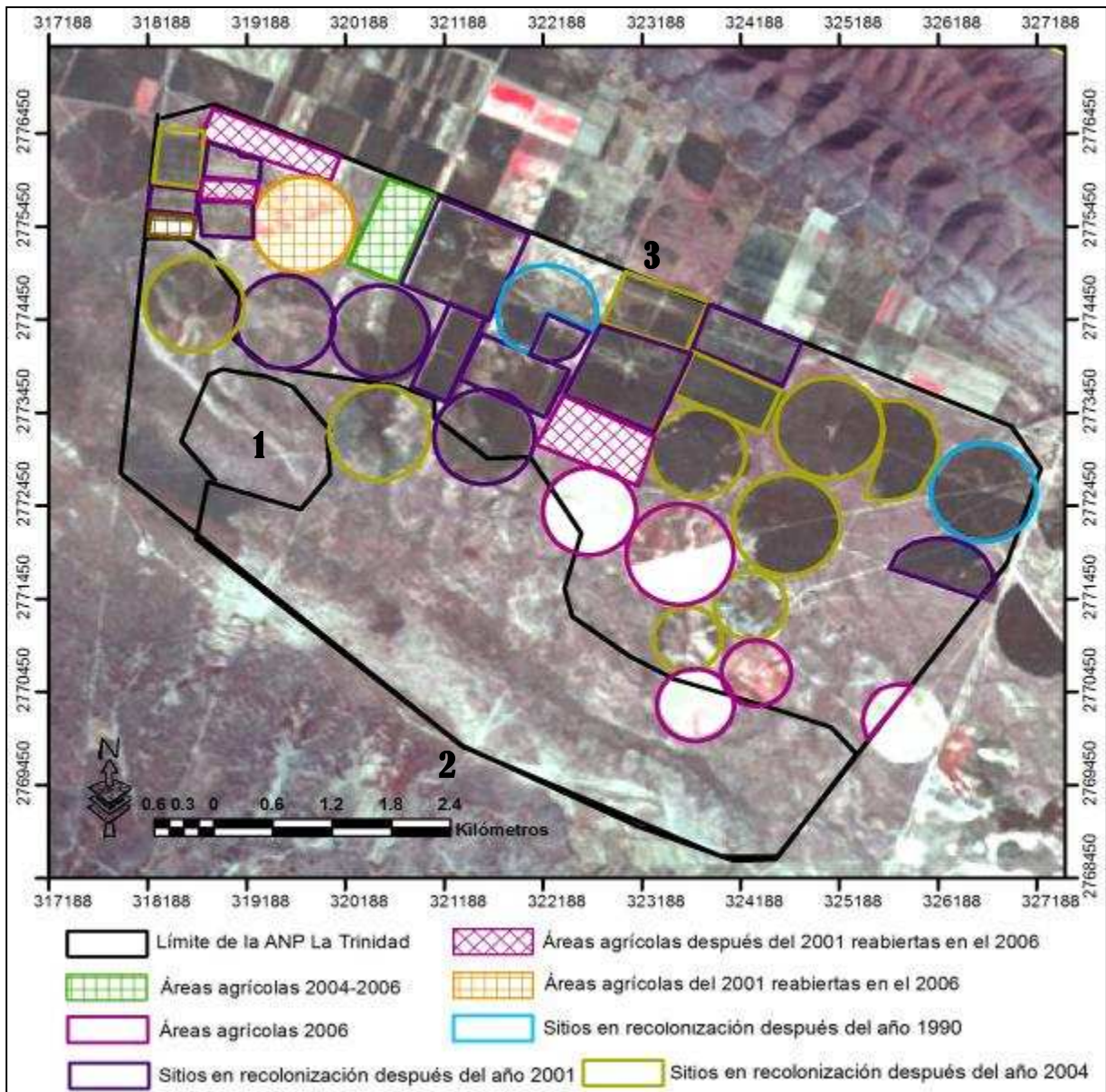


Figura 17. Imagen LANDSAT de noviembre de 2006 con los límites de La Hediondilla, sitios agrícolas correspondientes para este año, traslapes con años anteriores y sitios en recolonización (1-ZN: zona núcleo; 2-ZAASA: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas; 3-ZAASRN: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales).

### 7.1.2.2 Uso en el año 2011

La información de campo del año 2011 mostró que 1413.65 ha se encontraban abandonadas y cubiertas de vegetación invasora después de haber sido utilizadas para la agricultura, además de 313.71 ha de superficie presentaban agricultura activa (Figura 18). De manera particular, en la ZAASA se presentaban 368.4 ha en descanso o recuperación natural y 165 ha desmontadas para la agricultura. En la ZAASRN existieron 1256.59 ha en

recolonización natural, 74.5 ha nuevas desmontadas y 91.63 ha reabiertas para ser cultivadas. El pastizal nativo con el que contaba el área protegida para este año era de 2417.2 ha. La ZN de la Hediondilla no mostró indicios de actividad agrícola durante los 38 años que contempló el análisis que abarcó desde 1973 al 2011.

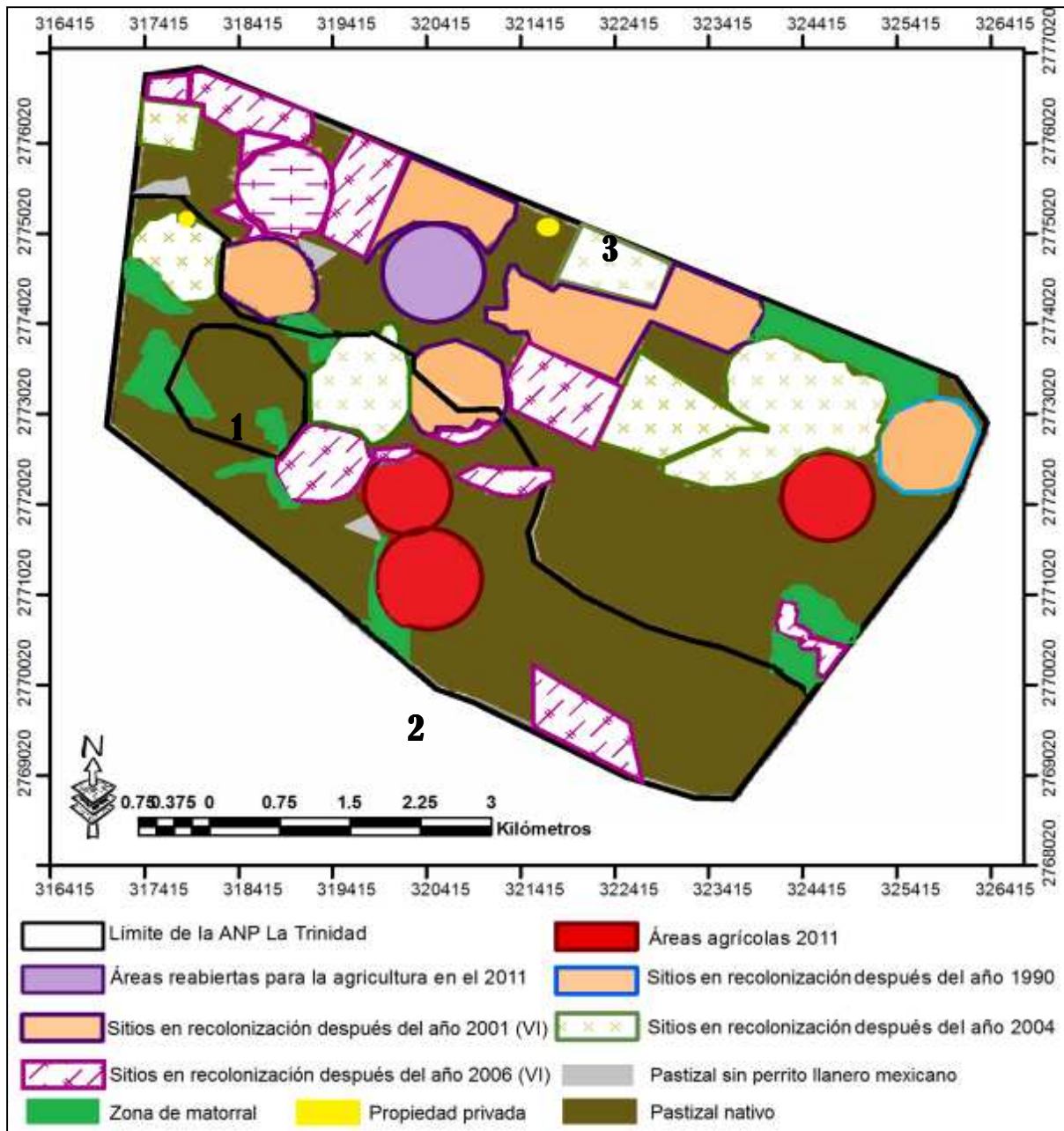


Figura 18. Delimitación de La Hediondilla, patrón del uso del suelo correspondientes al año 2011, traslapes con años anteriores y sitios en recolonización (1-ZN: zona núcleo; 2-ZAASA: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas; 3-ZAASRN: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, VI: Vegetación Invasora).



Se encontró en estos 38 años analizados que la superficie del pastizal halófilo y gypsófilo en la ZSCE La Hediondilla ha sufrido cambios considerables a través del tiempo (Figura 19).

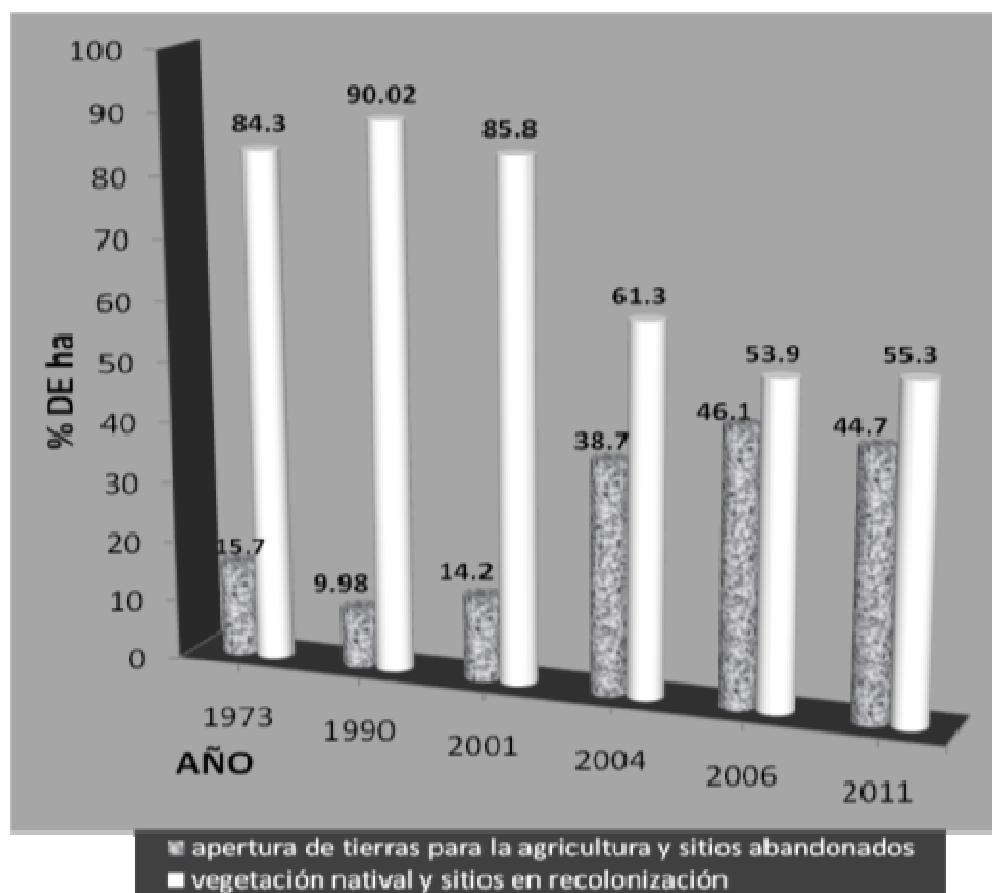


Figura 19. Tendencia histórica (porcentual) del pastizal y sitios en recolonización en el Área Protegida La Hediondilla.

La ZAASA contaba para el año de 1973 con 1614.15 ha de pastizal nativo mientras que para el 2011 presentó 1109.4 ha lo que constituye en este periodo de tiempo una pérdida de pasto de 31.27% a causa de tierras que fueron destinadas a la agricultura y de otras que fueron abandonadas después de ser cultivadas aunado a sitios que se encontraron en proceso de recolonización natural. Para la ZAASRN en 1973 existían 1917.95 ha de pastos nativos llegando a 1153.96 ha en el 2011 lo que corresponde al 55.71 % de pérdida de superficie en la zona a causa del uso de tierras para la actividad agrícolas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Cambios históricos de la superficie de pastizal en hectáreas y porcentaje (%) en cada zona que integran La Hediondilla.

	Superficie total de pastizal	Pastizal remanente y sitios en recuperación por año					
		1973	1990	2001	2004	2006	2011
<b>ZN (ha)</b>	153.84	153.84 (100%)	153.84 (100%)	153.84 (100%)	153.84 (100%)	153.84 (100%)	153.84 (100%)
<b>ZAASA (ha)</b>	1614.15	1614.15 (100%)	1614.15 (100%)	1614.15 (100%)	1481.86 (91.8%)	1362.46 (84.41%)	1109.4 (68.73%)
<b>ZAASRN (ha)</b>	2605.33	1917.95 (84.29%)	2168.6 (83.23%)	1984.79 (76.18%)	1032.4 (39.63%)	840.86 (32.28%)	1153.96 (44.29%)
<b>TOTAL (ha)</b>	4373.32	3685.94 (84.29%)	3936.59 (90.02%)	3752.78 (85.82%)	2668.1 (61.33%)	2357.16 (53.9%)	2417.2 (55.28%)
ZN: zona núcleo de uso restringido ZAASA: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas ZAASRN: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales							

Así que, para el año de 1973 el área protegida de La Hediondilla había perdido 15.71% de superficie de pastizal (687.38 ha), para el 2001 (año de su decreto) el desmonte y rehúso de tierras para la agricultura representaban un 14.18% (620.54 ha), en tanto que en el año 2004 y 2006, la superficie de pasto modificada dentro de la ANP fue de 38.67% (1691.41 ha) a 46.1% (2016.16 ha), respectivamente. Para el año 2011 la superficie desmontada para uso agrícola y áreas en re-uso alcanzaron un 44.72% (1956.12 ha) por lo que la pérdida de pasto nativo en el área protegida, desde su decreto a la actualidad, constó de 30.53% (1335.58 ha).

Los análisis de las series de tiempo en el área protegida de La Hediondilla indicaron para todos los casos una tendencia secular; en la ZAASA se observó un incremento en el desmonte de tierra para la agricultura en un lapso de siete años (2004-2011), donde el análisis de regresión cúbica fue el que más se ajustó a los datos ( $p=0.028$ , Anexo I, Cuadro I-5) permitiendo crear un modelo de tendencia cuadrática significativo (Figura 20) para establecer que dentro de la zona en el año 2014, de mantenerse el ritmo actual de desmontes para agricultura y los mismos contextos socioeconómicos, se habrán abierto alrededor de 800 ha, lo que equivaldría a la pérdida total de la superficie de pastizal en la zona.

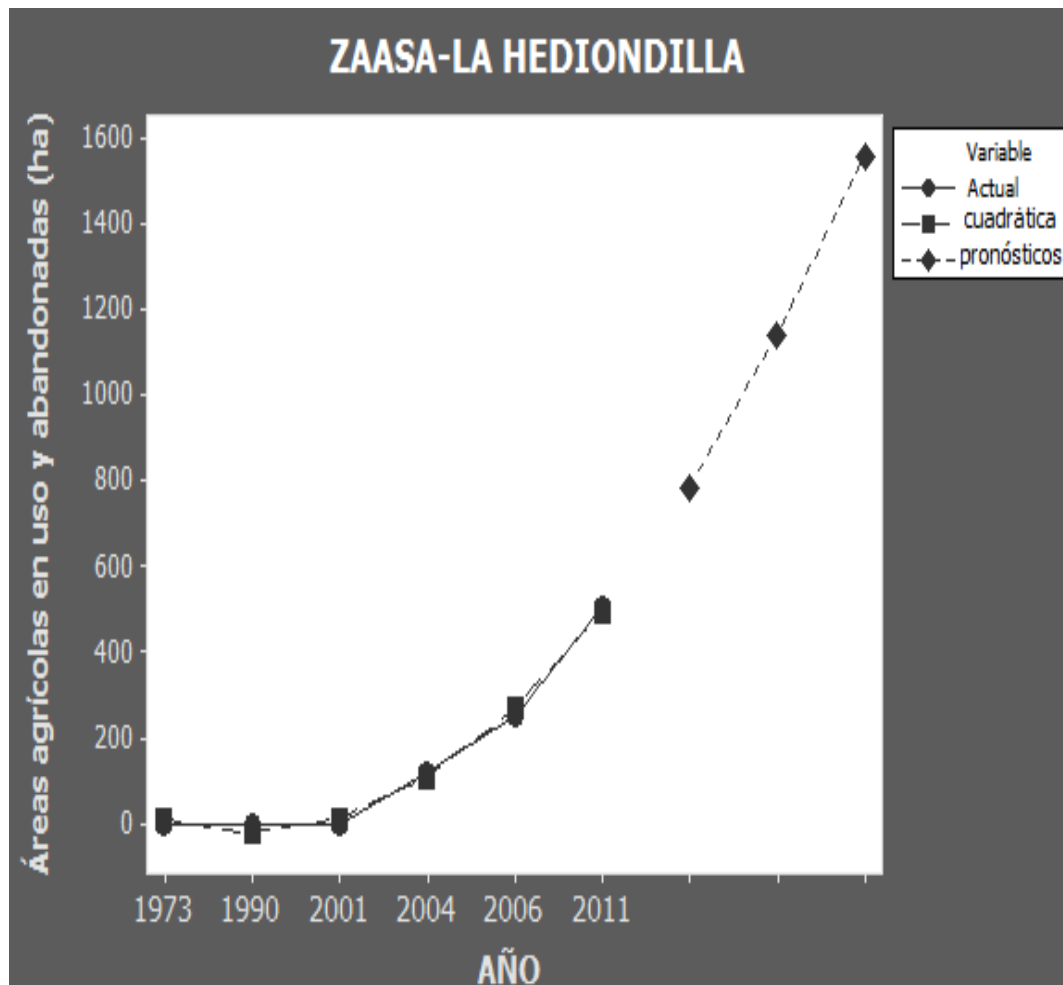


Figura 20. Modelo de tendencia cuadrática con pronósticos para zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agro-ecosistemas (ZAASA) en La Hediondilla.

Los datos de la serie de la ZAASRN se ajustaron a una regresión de tipo cúbica ( $R-Sq=72.1\%$ , Figura 21) con un aumento notable en el uso de suelo y sitios con disturbio de 2001 al 2006 y descendiendo ligeramente para el 2011. El valor de  $p=0.387$ , producto del análisis de la varianza (Anexo I, Cuadro I-6), indicó que no es un modelo significativo para estimar lo que pudiera suceder con respecto al comportamiento en el área protegida dentro de años futuros.

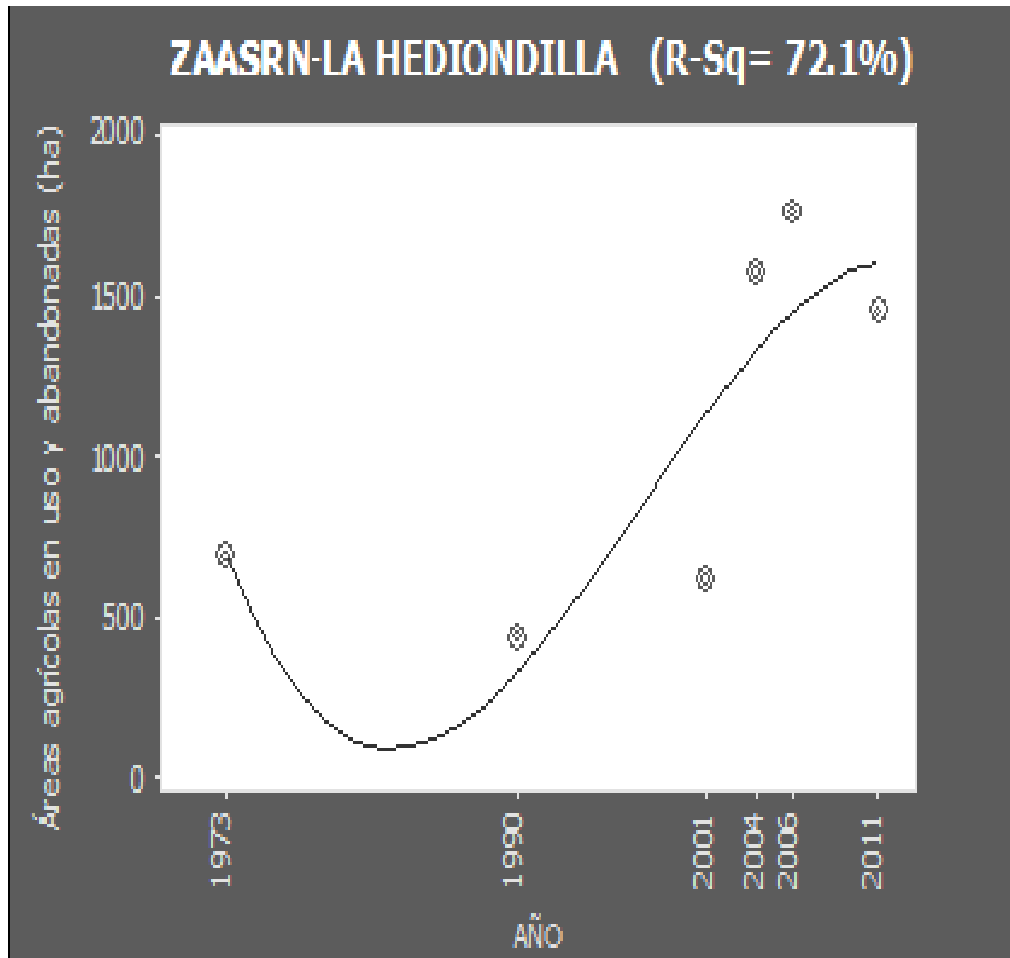


Figura 21. Representación gráfica de la regresión cúbica para la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales (ZASRN) en La Hediondilla.

De modo general, los datos de la serie de la ANP La Hediondilla también se ajustaron a una regresión cúbica ( $R-Sq=80.1\%$ , Figura 22) con un aumento del uso de suelo y sitios con disturbio de 2004 al 2011, sin embargo, el análisis de la varianza indicó con un valor de  $p=0.284$  (Anexo I, Cuadro I-7), que no es un modelo significativo para obtener una posible estimación con respecto al comportamiento en años futuros para el área natural protegida.

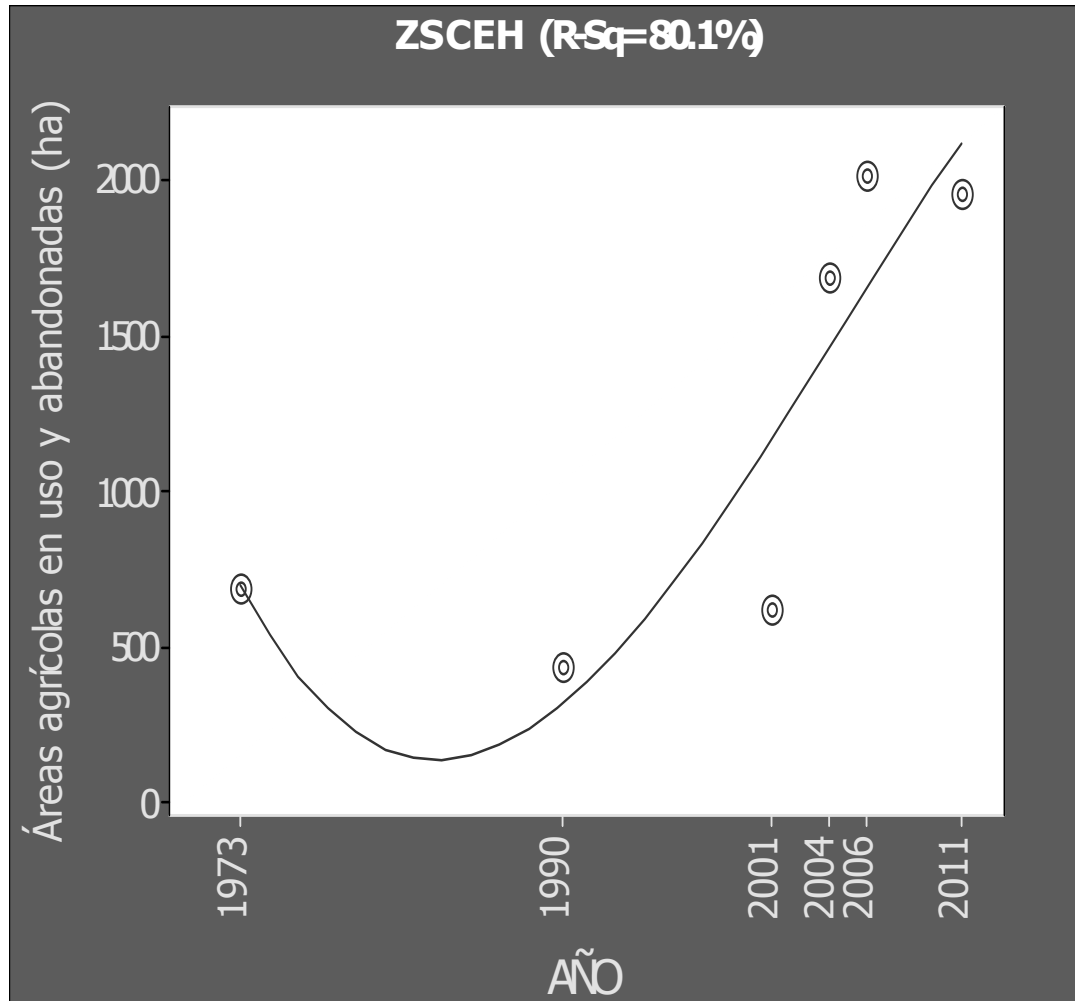


Figura 22. Representación gráfica de la regresión cúbica para la Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Hediondilla (ZSCEH).

### 7.1.3 Zona Sujeta a Conservación Ecológica Llano La Soledad

#### 7.1.3.1 Uso histórico

En el año de 1973 el ANP no presentó áreas desmontadas, pero en 1990 se detectaron 272.25 ha abiertas (Figura 23).

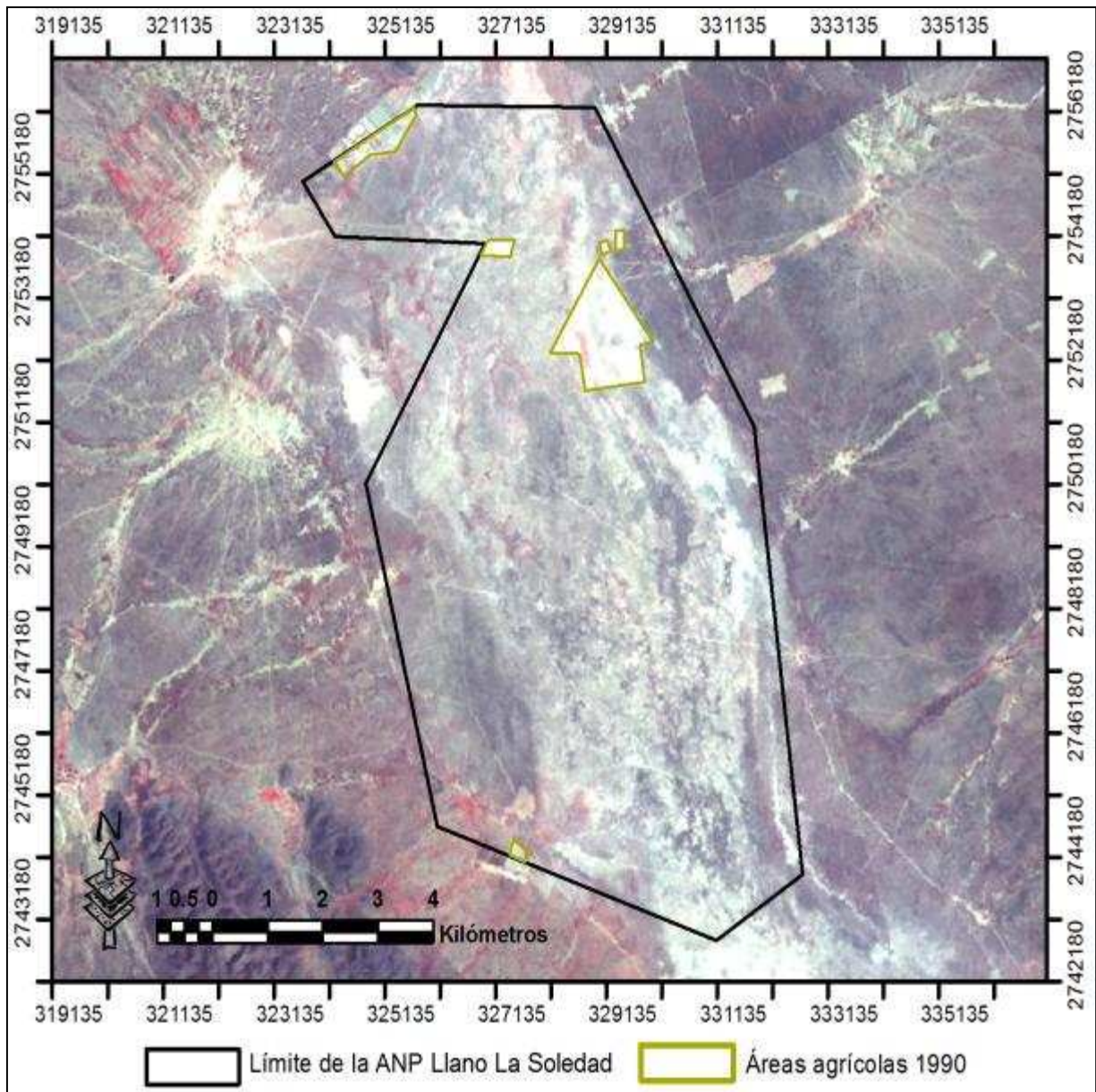


Figura 23. Imagen LANDSAT TM del 16 de marzo de 1990 con la delimitación del ANP Llano La Soledad y sitios agrícolas correspondientes para este año.

En el año 2001 se cuantificaron únicamente 51.74 ha en abandono, sin registrarse actividades agrícolas en el ANP (Figura 24).

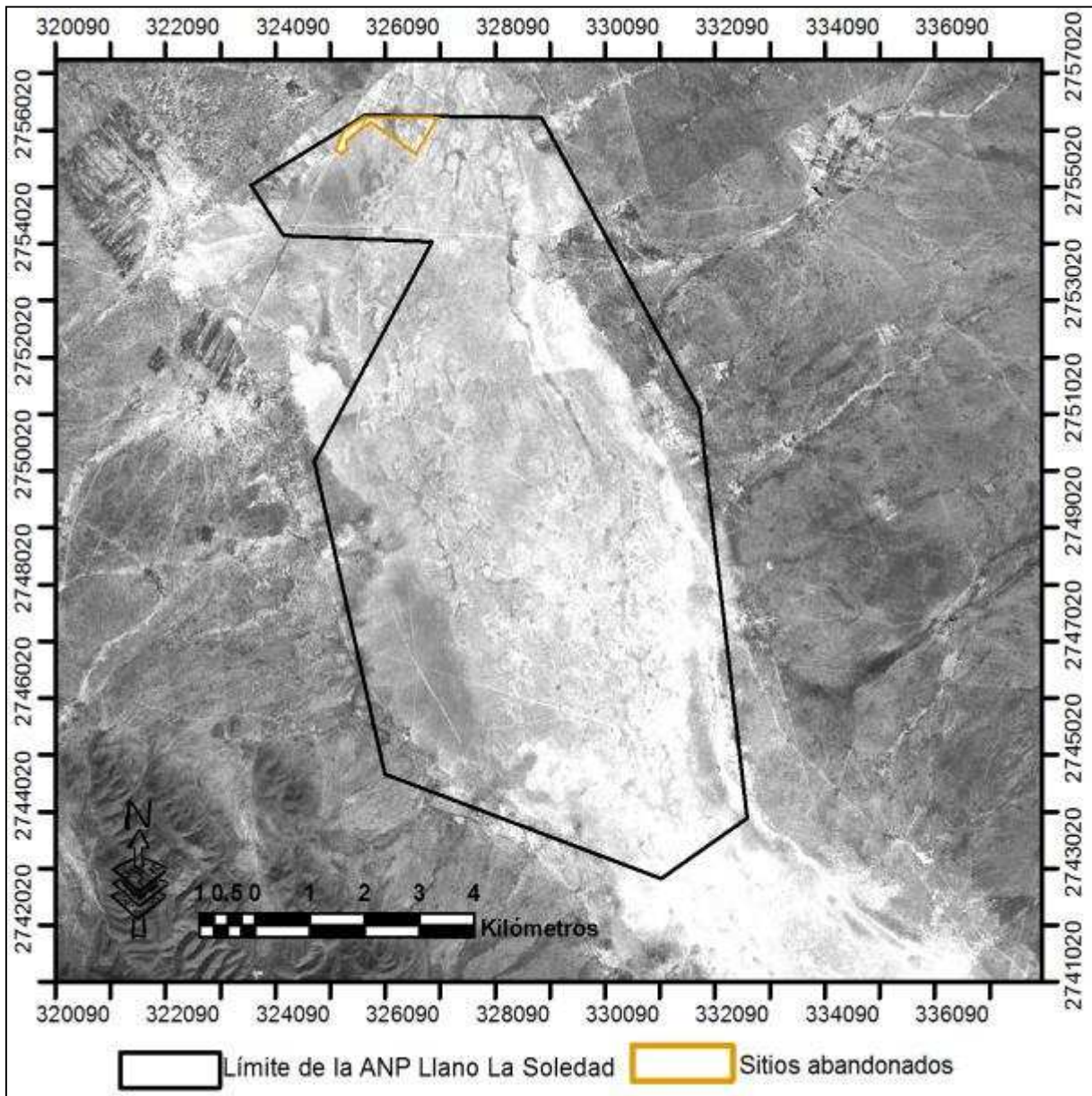


Figura 24. Imagen LANDSAT ETM del 01 de noviembre de 2001 con los límites del ANP Llano La Soledad y sitios abandonados correspondientes para este año.

El ANP Llano La Soledad mostró para el año 2004, 119.98 ha en recolonización y 36.32 ha desmontadas (Figura 25).

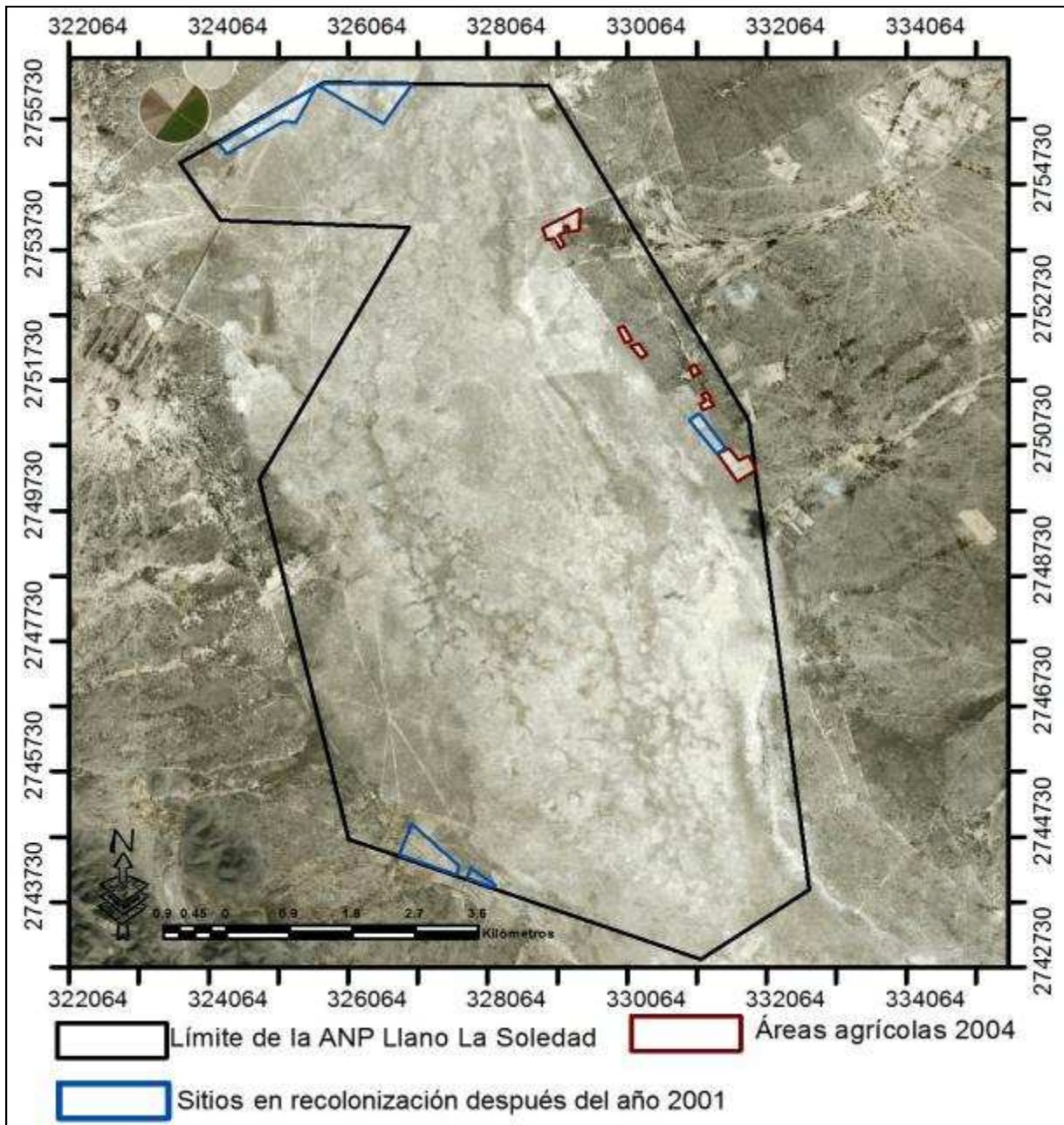


Figura 25. Imagen Digital Globe Google Earth del 20 de junio de 2004 con los límites del ANP Llano La Soledad, sitios agrícolas correspondientes para este año y sitios en recolonización.

Dentro de la ZSCES para el año 2006 se abrieron 4.2 ha nuevas, además, 102.7 ha correspondieron a sitios en recolonización y 11 ha fueron reutilizadas para su cultivo (Figura 26).



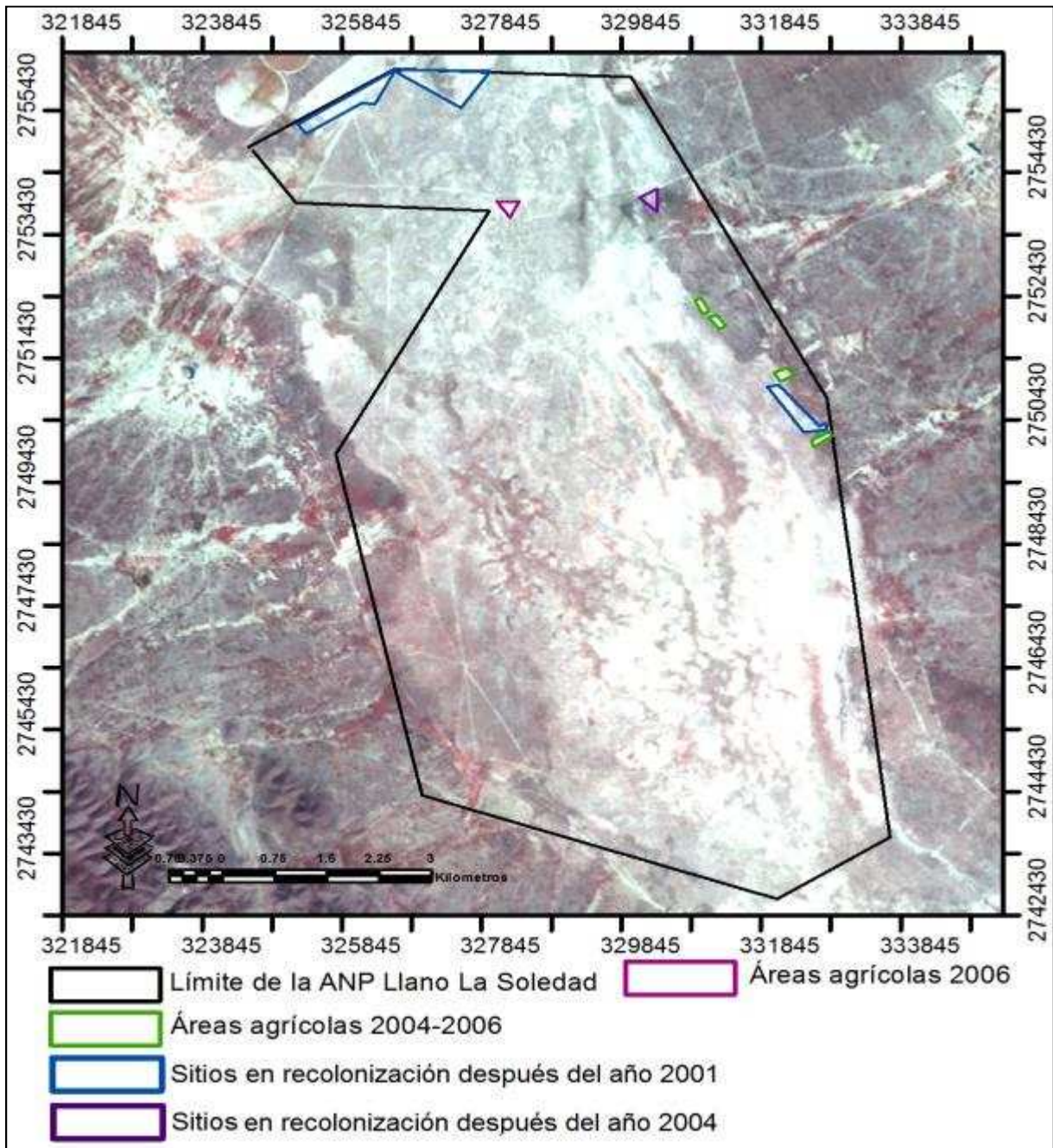


Figura 26. Imagen LANDSAT de noviembre de 2006 con delimitación de la ANP Llano La Soledad, sitios agrícolas correspondientes para este año, traslapes con años anteriores y sitios en recolonización.

### 7.1.3.2 Uso en el año 2011

Las actividades agrícolas en el ANP Llano La Soledad han sido muy limitadas a través de los 38 años de análisis, en general, el área protegida presentó 43.16 ha en estado de recolonización natural y 90.4 ha destinadas para el plan de reforestación con nopal (Figura 27).

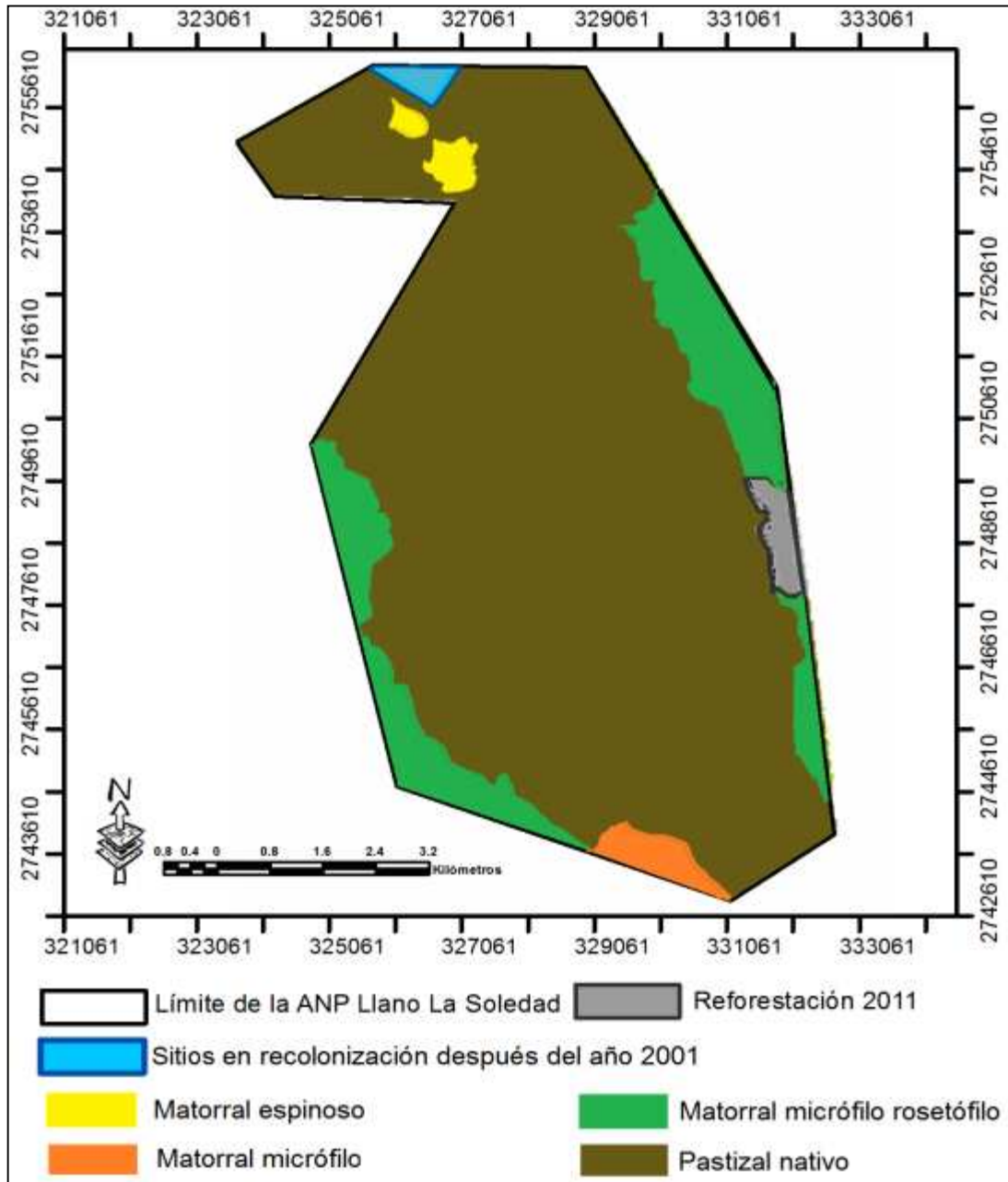


Figura 27. Delimitación del ANP Llano La Soledad, sitio de reforestación y en recolonización para el año 2011.

Cuantificando los datos de cada imagen satelital analizada se denota que el Llano La Soledad es el ANP que presentó menos apertura de tierras para la actividad agrícola a través de los periodos de tiempo analizados (Figura 28).

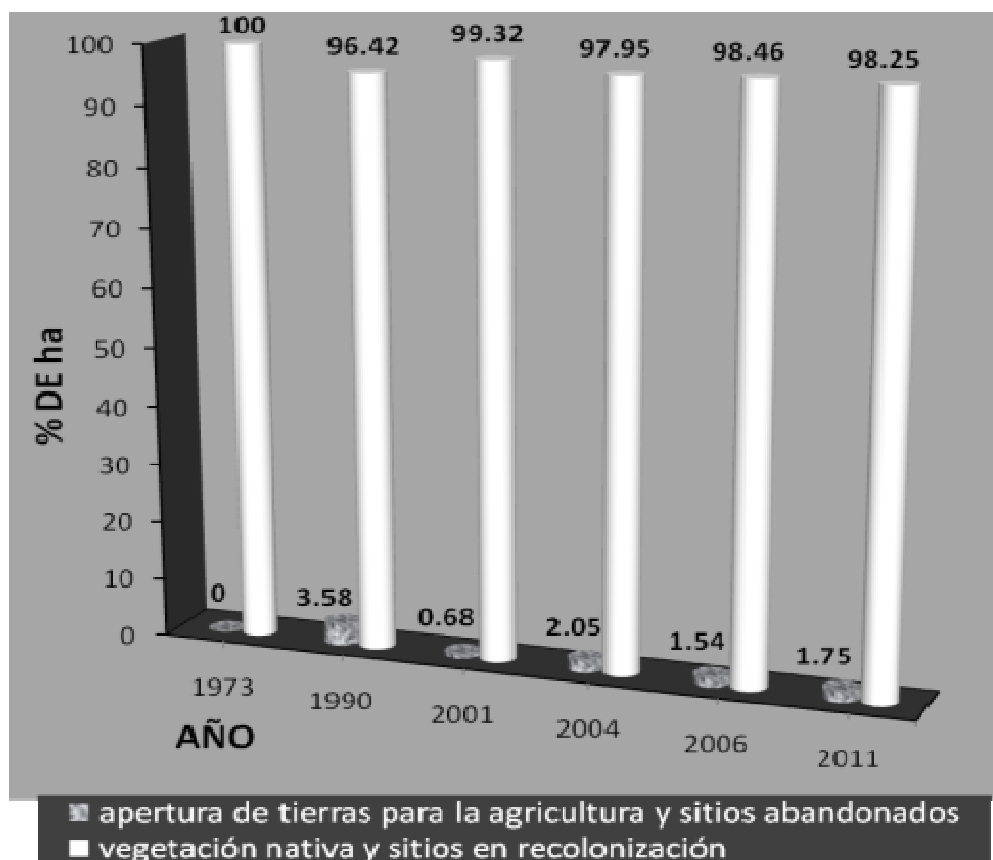


Figura 28. Tendencia histórica (porcentual) del pastizal y sitios en recolonización en el Área Protegida Llano La Soledad.

El área natural protegida La Soledad tenía 7607 ha de vegetación nativa en el año de 1973, para el 2001 (poco antes de su decreto como área protegida) contaba con 7555.26 ha y para el 2011 presentó 7474 ha (Cuadro 3), lo que significó una pérdida de pastizal en estos 38 años de apenas 1.75% en todo el sitio.

Cuadro 3. Cambios históricos de la superficie de pastizal en hectáreas y por ciento (%) en cada zona que integran El Llano La Soledad.

	Superficie total de pastizal	Pastizal remanente y sitios en recuperación por año					
		1973	1990	2001	2004	2006	2011
ZN (ha)	7607	7607 (100%)	7334.75 (3.58%)	7555.26 (0.68%)	7450.7 (2.05%)	7489.96 (1.54%)	7474 (0.57%)

ZN: zona núcleo de uso restringido

De igual manera, el análisis de la serie de tiempo de los datos de la ZSCES mostró una tendencia secular, ya que se pudo determinar un desmonte de tierras en el año de 1990, reduciéndose posteriormente en el 2001 pero volviendo a acrecentarse tres años después; estas

oscilaciones hacen que la regresión cúbica que denotó mejor la relación de los datos ( $R-Sq=75.6\%$ , Figura 29) no fuese un modelo significativo ( $p=0.343$ , Anexo I, Cuadro I-8) para emplearse en una predicción que pudiera indicar que sucederá dentro del área protegida en posteriores lapsos de tiempo.

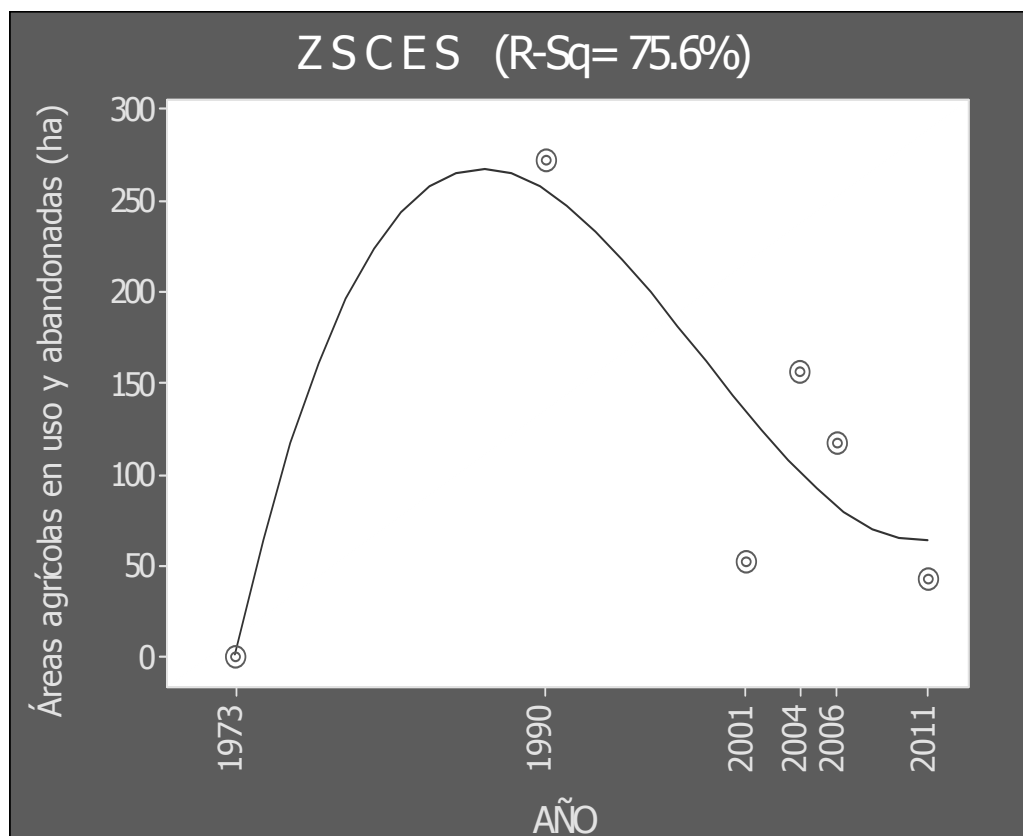


Figura 29. Representación gráfica de la regresión cúbica para la Zona a Conservación Ecológica Llano La Soledad (ZSCES).

## 7.2 Salud del ecosistema

Mediante los resultados estadísticos (Anexo II, Cuadro II.1 a II.10), los histogramas de frecuencia (Anexo III, Gráfica III.1 a III.80) y con ayuda de los formatos y tablas categóricas (Anexo IV, Cuadro IV.1 a IV.33) se interpretaron los indicadores para determinar el estado de salud del ecosistema en cada ANP.

### 7.2.1 Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Trinidad

El atributo B de la ZN mostró que existen dentro de esta zona áreas que se encuentran altamente reducidas en su Integridad Biótica (estatus Me) y otras que se hallan de forma

adecuada conforme a lo esperado para la zona (estatus N); la ZN en el resto de sus atributos así como la ZAASA y ZAASRN, presentaron en las zonas una salud de pastizal de forma adecuada (estatus N) dentro de cada una de ellas. (Cuadro 4).

Cuadro 4. Salud del pastizal de la ZSCE La Trinidad.

ZONA	ATRIBUTO	ESTATUS
<b>ZN</b>	H	N
	B	<b>Me, N</b>
	S	N
<b>ZAASA</b>	H	N
	B	N
	S	N
<b>ZAASRN</b>	H	N
	B	N
	S	N
ZN: zona núcleo de uso restringido ZAASA: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas ZAASRN: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales S= Estabilidad del Suelo/Sitio, H= Funcionalidad Hidrológica, B= Integridad Biótica N= Nula, L= Ligera, M= Moderada, Me= Media , E= Extrema		

Adicionalmente, dado que hubo parcelas dentro la ZAASA que cayeron en sitios donde se encuentra matorral nativo, se evaluó también la salud de estos espacios. En ellos, el atributo H y B indicaron que dentro de la zona se encuentran sitios de matorral severamente modificados en sus capacidades hidrológicas e Integridad Biótica (estatus E), aunado a áreas con una salud adecuada con forme a lo esperado para la zona de matorral (estatus N). El atributo S se tradujo en que la capacidad de Estabilidad Sitio/Suelo del matorral en la ZAASA se encuentra severamente modificado (Cuadro 5).

Cuadro 5. Salud del matorral de la ZAASA de La Trinidad.

ZONA	ATRIBUTO	ESTATUS
<b>ZAASA</b>	H	<b>E, N</b>
	B	<b>E, N</b>
	S	<b>E</b>
ZAASA: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas S= Estabilidad del Suelo/Sitio, H= Funcionalidad Hidrológica, B= Integridad Biótica N= Nula, L= Ligera, M= Moderada, Me= Media , E= Extrema		

### 7.2.2 Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Hediondilla

El ANP La Hediondilla se caracterizó por presentar el mayor impacto en la salud del ecosistema (Cuadro 6). La ZN, a pesar de ser un área de uso restringido, se encontró severamente modificada en sus tres atributos señalando una salud de pastizal severamente modificado (estatus E), la Integridad Biótica indicó a su vez que existen áreas que se hallaron con una salud adecuada conforme a lo esperado para el sitio (estatus N). La ZAASA resultó con una salud de pastizal adecuado dentro de la zona.

Por otro lado, la ZAASRN reveló que la Estabilidad Sitio/Suelo se encontró modificada severamente (estatus E), mientras que el atributo B indicó que existen áreas con un estado de salud adecuado (estatus N), pero que a su vez también se encuentran áreas altamente modificadas en su Integridad Biótica (estatus E).

Cuadro 6. Salud del pastizal de la ZSCE La Hediondilla.

ZONA	ATRIBUTO	ESTATUS
<b>ZN</b>	H	<b>E</b>
	B	<b>E, N</b>
	S	<b>E</b>
<b>ZAASA</b>	H	N
	B	N
	S	N
<b>ZAASRN</b>	H	N
	B	<b>E, N</b>
	S	<b>E</b>
ZN: zona núcleo de uso restringido ZAASA: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas ZAASRN: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales S= Estabilidad del Suelo/Sitio, H= Funcionalidad Hidrológica, B= Integridad Biótica N= Nula, L= Ligera, M= Moderada, Me= Media , E= Extrema		

Al mismo tiempo, se evaluó la salud de los espacios que presentaron matorral y se observó que la salud del ecosistema de la Zona Núcleo se encuentra severamente modificada (estatus E) en los tres atributos que la determinaron (cuadro 7).

Cuadro 7. Salud del matorral de la ZN de La Hediondilla.

ZONA	ATRIBUTO	ESTATUS
<b>ZN</b>	H	<b>E</b>
	B	<b>E</b>
	S	<b>E</b>
ZN: zona núcleo de uso restringido S= Estabilidad del Suelo/Sitio, H= Funcionalidad Hidrológica, B= Integridad Biótica N= Nula, L= Ligera, M= Moderada, Me= Media , E= Extrema		

### 7.2.3 Zona Sujeta a Conservación Ecológica Llano La Soledad

Los tres atributos de la ZN del Llano La Soledad indicaron que la zona cuenta con una salud de pastizal adecuado (estatus N) en la Estabilidad del Sitio/Suelo, Funcionalidad Hidrológica e Integridad Biótica (Cuadro 8).

Cuadro 8. Salud del pastizal de la ZSCE Llano La Soledad.

ZONA	ATRIBUTO	ESTATUS
<b>ZN</b>	H	N
	B	N
	S	N
ZN: zona núcleo de uso restringido S= Estabilidad del Suelo/Sitio, H= Funcionalidad Hidrológica, B= Integridad Biótica N= Nula, L= Ligera, M= Moderada, Me= Media , E= Extrema		

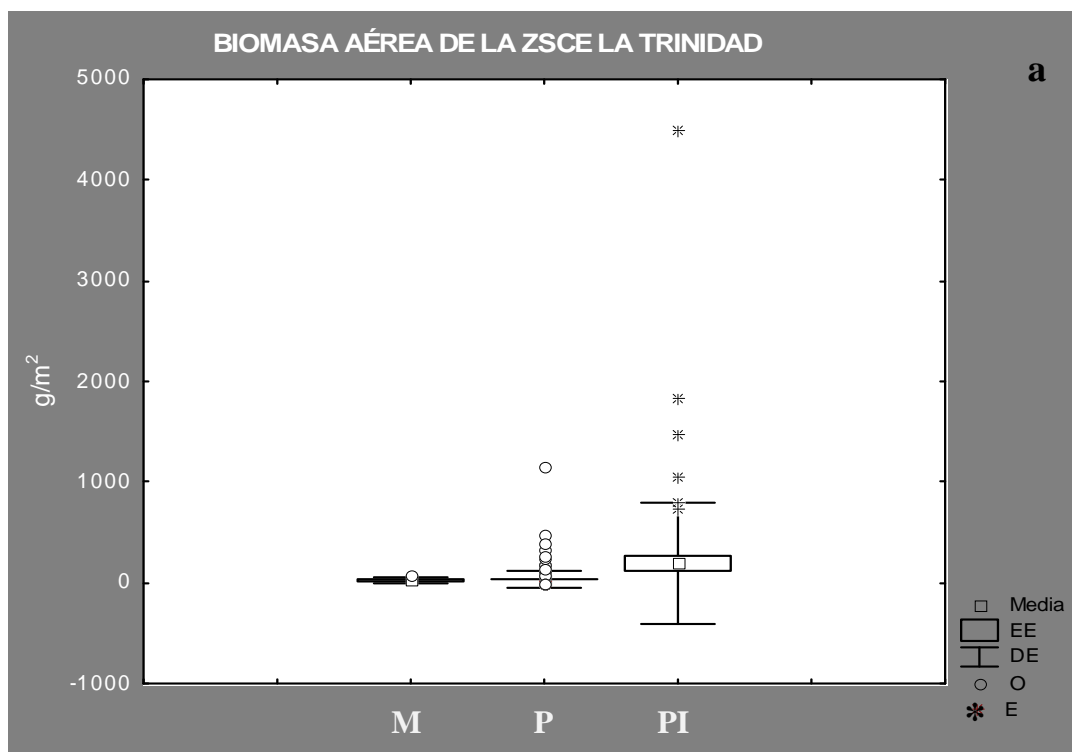
Sin embargo, en los tres atributos de la salud del matorral indicaron que esta comunidad vegetal, a pesar de ser una zona de uso restringido, se encuentra severamente modificada (estatus E) en cuando a su capacidad sobre la Estabilidad de Sitio/Suelo, Funcionalidad Hidrológica e Integridad Biótica (Cuadro 9).

Cuadro 9. Salud del matorral de la ZSCE Llano La Soledad.

ZONA	ATRIBUTO	ESTATUS
<b>ZN</b>	H	<b>E</b>
	B	<b>E</b>
	S	<b>E</b>
ZN: zona núcleo de uso restringido S= Estabilidad del Suelo/Sitio, H= Funcionalidad Hidrológica, B= Integridad Biótica N= Nula, L= Ligera, M= Moderada, Me= Media , E= Extrema		

### 7.3. Producción de biomasa

De manera general, los diagramas de caja y bigote de los datos de la biomasa aérea de cada ANP mostraron datos atípicos, señalaron para La Trinidad y La Hediondilla a la biomasa de plantas invasoras como la de mayor desviación y error estándar (DE y EE, respectivamente), seguidas por la biomasa aérea de pastizal y con la menor DE y EE la de matorral. En el Llano La Soledad la biomasa de matorral fue la que tuvo mayor desviación y error estándar (Figura 30).





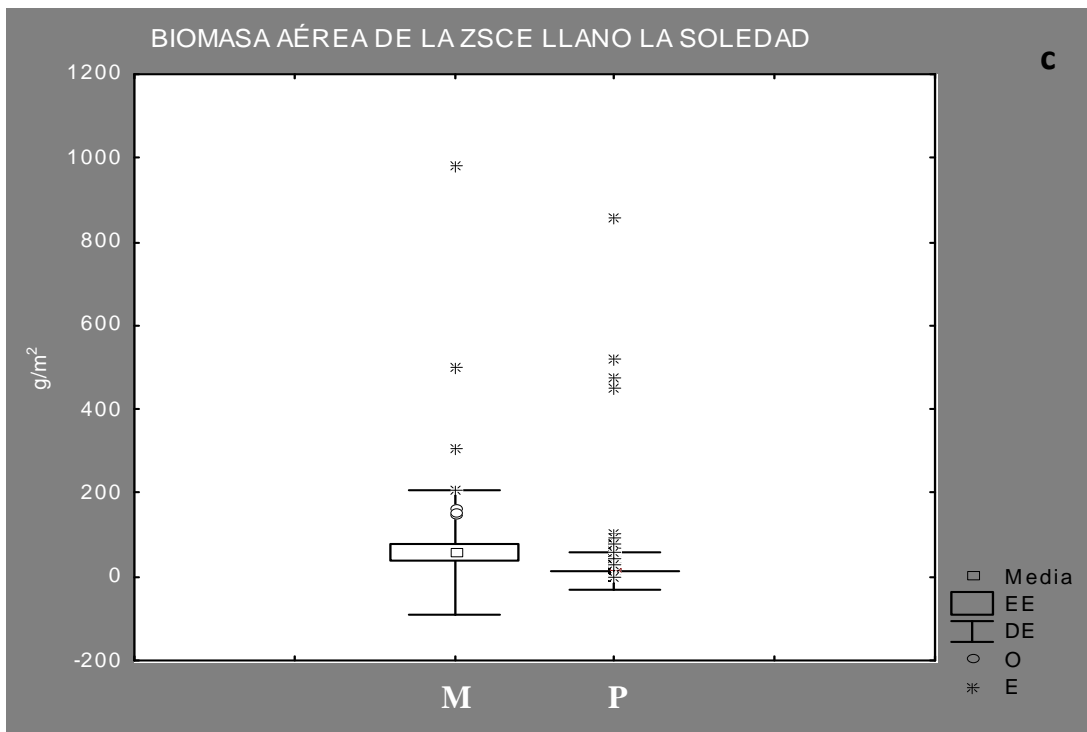
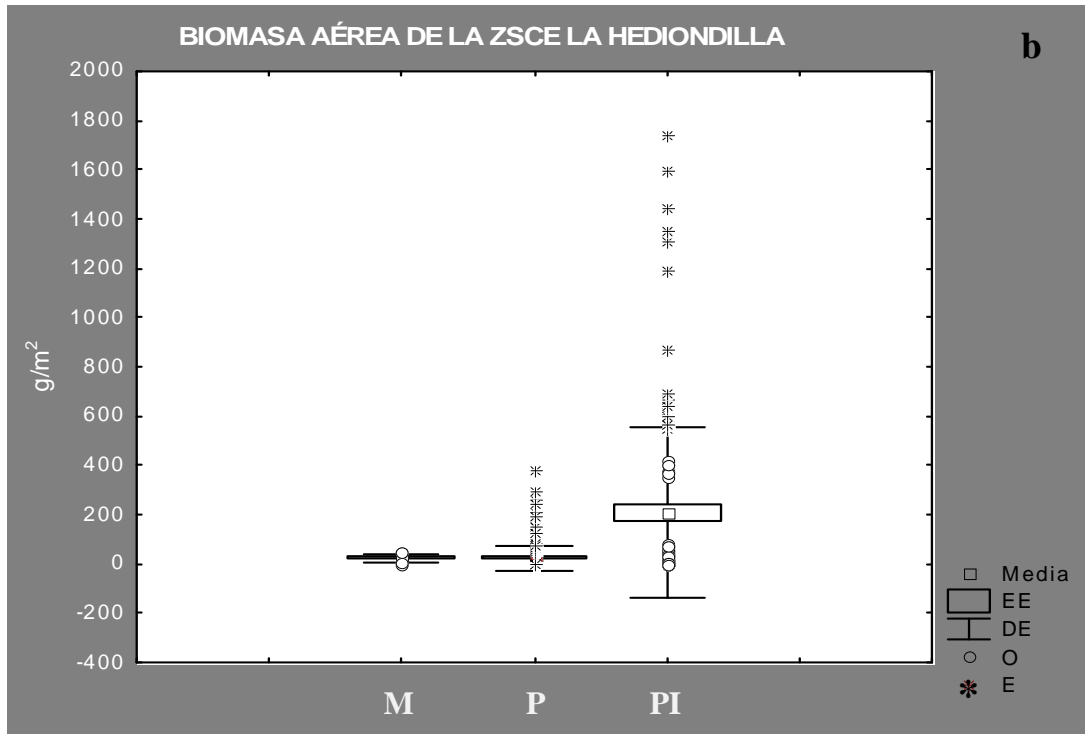


Figura 30. Diagrama de caja y bigote de biomasa aérea de la zona sujeta a conservación ecológica (ZSCE) La Trinidad (a), La Hediondilla (b) y Llano La Soledad (c). M= matorral, P= pastizal, PI= plantas invasoras, EE= error estándar, DE= desviación estándar, O= outliers, E= extremos.

### 7.3.1 Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Trinidad

La producción mensual de la biomasa en la ANP fue significativa diferente entre las zonas de manejo ( $\chi^2=77.54$ ,  $gl=11$ ,  $p<0.001$ ). La zona de la ZAASA presentó dos picos de producción durante los meses evaluados (Figura 31), notándose un incremento considerable de biomasa en julio alcanzando  $\bar{x}=4.38$  ton/ha y posteriormente en noviembre con  $\bar{x}=1.38$  ton/ha. La ZAASRN alcanzó una alta producción en mayo con  $\bar{x}=0.847$  ton/ha pero fue superado por  $\bar{x}=1.01$  ton/ha en el mes de julio. La zona núcleo llegó a  $\bar{x}=1.78$  ton/ha en julio (Apéndice VI, Cuadro VI.1).

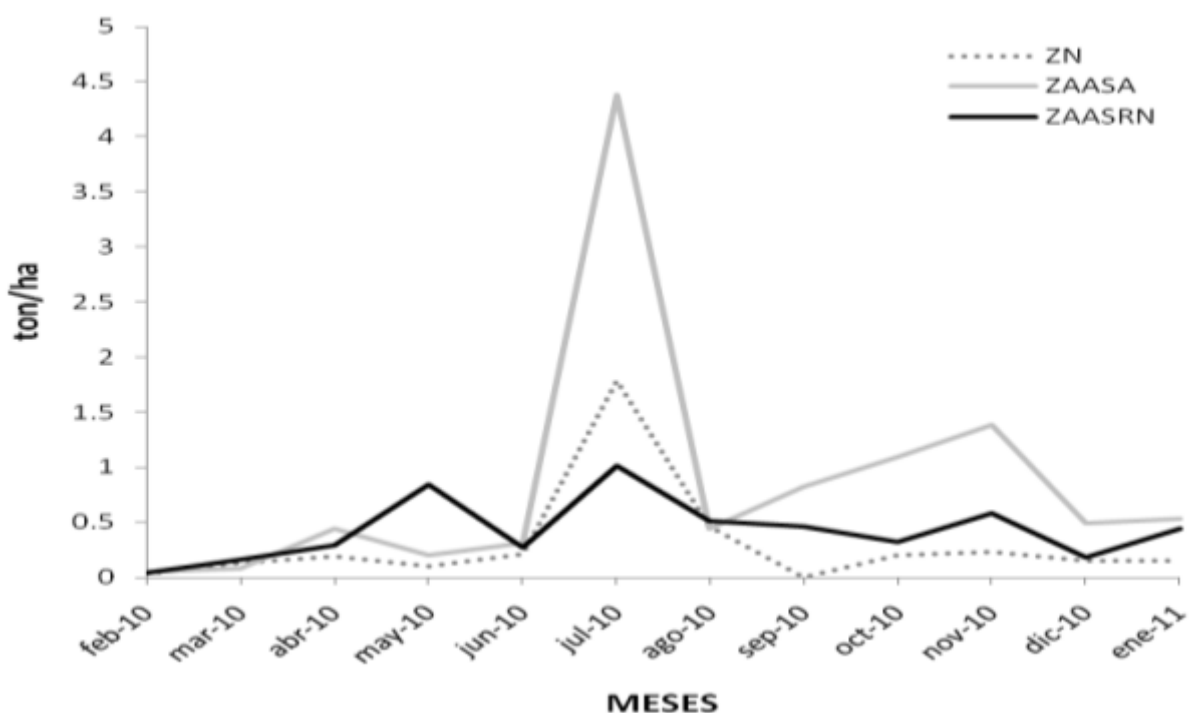


Figura 31. Producción promedio mensual de biomasa en la zona sujeta conservación ecológica (ZSCE) La Trinidad. ZN: zona núcleo de uso restringido, ZAASA: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agro-ecosistemas, ZAASRN: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

De esta manera, la producción promedio anual para la ZN fue de  $\bar{x}=0.303$  ton/ha, para la ZAASA fue de  $\bar{x}=0.931$  ton/ha y en la ZAASRN de  $\bar{x}=0.423$  ton/ha. La Trinidad presentó una producción de biomasa media anual de  $\bar{x}=0.624$  ton/ha.

De acuerdo a las diferentes unidades de paisaje presentes en La Trinidad, la producción de biomasa media anual de matorral de  $\bar{x}=0.296$  ton/ha, de pastizal  $\bar{x}=0.329$  ton/ha y  $\bar{x}=2.02$  ton/ha de plantas invasoras (Figura 32).

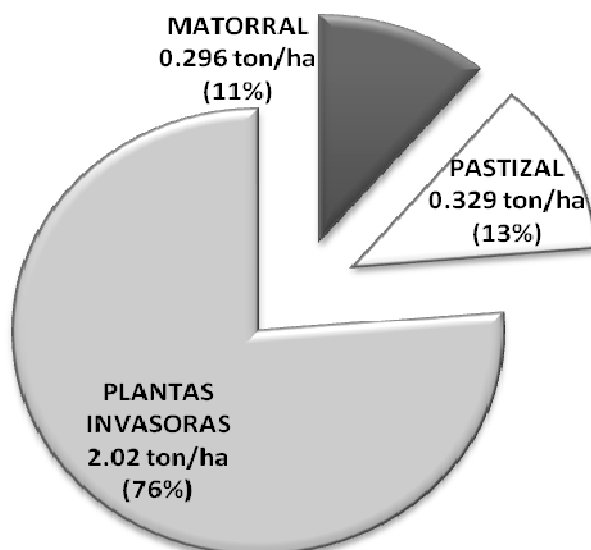


Figura 32. Representación gráfica de la producción promedio anual de los tipos de biomasa aérea que se encontraron en la Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Trinidad.

Considerando la zonificación y a los tres tipos de comunidades vegetales producidos en la ANP, la ZN produjo un promedio anual de  $\bar{x}=0.303$  ton/ha de pastizal, en tanto que la ZAASA tuvo una producción promedio anual de matorral de  $\bar{x}=0.296$  ton/ha,  $\bar{x}=0.372$  ton/ha de pastizal y  $\bar{x}=2.6$  ton/ha de plantas invasoras. La ZAASRN produjo una media anual de biomasa aérea de pastizal de  $\bar{x}=0.296$  ton/ha y  $\bar{x}=0.859$  ton/ha de plantas invasoras.

### 7.3.2 Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Hediondilla

De la misma manera, se encontró una diferencia significativa en la producción mensual de biomasa aérea de la ZSCEH ( $\chi^2=96.32$ ,  $gl=11$ ,  $p<0.001$ ). La ZAASRN destacó con tres picos de producción (Figura 33) hallándose para el mes de julio una producción promedio de  $\bar{x}=3.95$  ton/ha, en octubre presentó  $\bar{x}=1.77$  ton/ha y en diciembre  $\bar{x}=3.03$  ton/ha. La ZN alcanzó una alta producción en agosto con  $\bar{x}=0.335$  ton/ha y fue superado este promedio en el mes de

enero de 2011 con  $\bar{x}=0.53$  ton/ha. La ZAASA mostró en agosto de 2010 y en enero de 2011 sus máximas producciones mensuales con promedios de  $\bar{x}=0.54$  ton/ha y  $\bar{x}=0.305$  ton/ha, respectivamente (Apéndice VI, Cuadro VI.1).

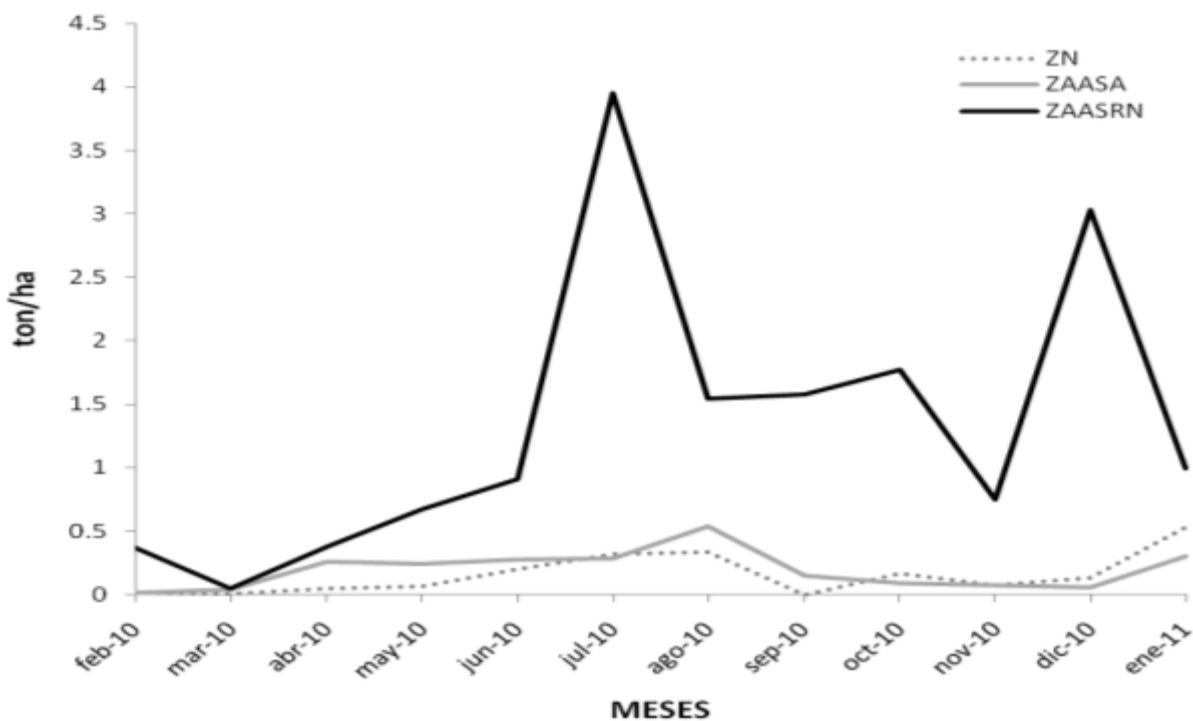


Figura 33. Producción promedio mensual de biomasa en la zona sujeta a conservación ecológica (ZSCE) La Hediondilla. ZN: zona núcleo de uso restringido ZAASA: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agro-ecosistemas, ZAASRN: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

La producción media anual en la zona núcleo de la Hediondilla fue de  $\bar{x}=0.168$  ton/ha, en la ZAASA fue de  $\bar{x}=0.201$  ton/ha y para la ZAASRN una media de  $\bar{x}=1.36$  ton/ha. Se registró una producción promedio anual de biomasa para la ANP de  $\bar{x}=0.890$  ton/ha.

Considerando los tipos de biomasa aérea producidos en el área protegida, la producción media anual del matorral fue de  $\bar{x}=0.259$  ton/ha, el de pastizal constó de  $\bar{x}=0.258$  ton/ha y  $\bar{x}=2.08$  ton/ha fueron de plantas invasoras (Figura 34).

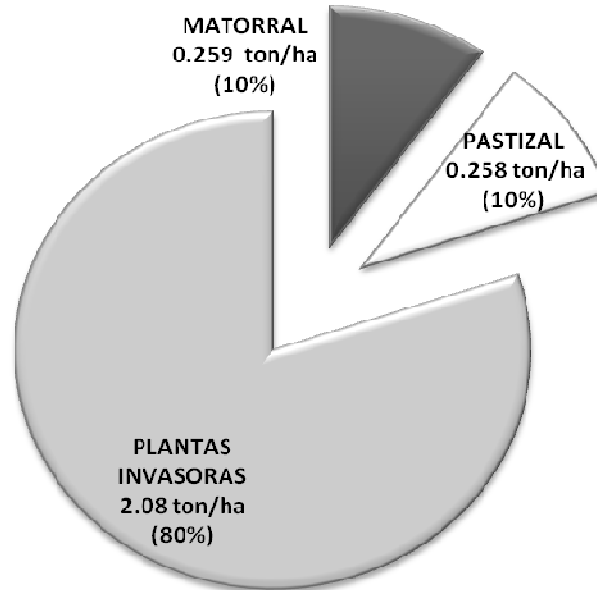


Figura 34. Representación gráfica de la producción promedio anual de los tipos de biomasa aérea que se encontraron en la Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Hediondilla.

En cuanto a las zonas que integran el ANP y las diferentes comunidades vegetales consideradas, la producción de biomasa aérea en la ZN produjo una media anual de  $\bar{x}=0.275$  ton/ha de matorral y  $\bar{x}=0.150$  ton /ha de pastizal, para la ZASSA fue un promedio anual de  $\bar{x}=0.159$  ton/ha de pastos nativos y  $\bar{x}=0.453$  ton/ha de vegetación invasora. Mientras que la producción media anual de biomasa aérea en la ZAASRN fue de  $\bar{x}=0.218$  ton/ha de matorral,  $\bar{x}=0.388$  ton/ha de pastizal y  $\bar{x}=2.26$  ton/ha de biomasa de plantas invasoras.

### 7.3.3 Zona Sujeta a Conservación Ecológica Llano La Soledad

También, se encontró una diferencia significativa en la producción mensual de biomasa aérea del Llano La Soledad ( $\chi^2=167.02$ ,  $gl=11$ ,  $p<0.001$ ). Se presentaron diversos incrementos a lo largo del año (Figura 35) los cuales son notorios para el mes de marzo donde la producción promedio mensual fue de  $\bar{x}=0.255$  ton/ha, posteriormente en julio con  $\bar{x}=0.343$  ton/ha, en septiembre con  $\bar{x}=0.252$  ton/ha y en diciembre con una media mensual de  $\bar{x}=0.222$  ton/ha (Apéndice VI, Cuadro VI.1).

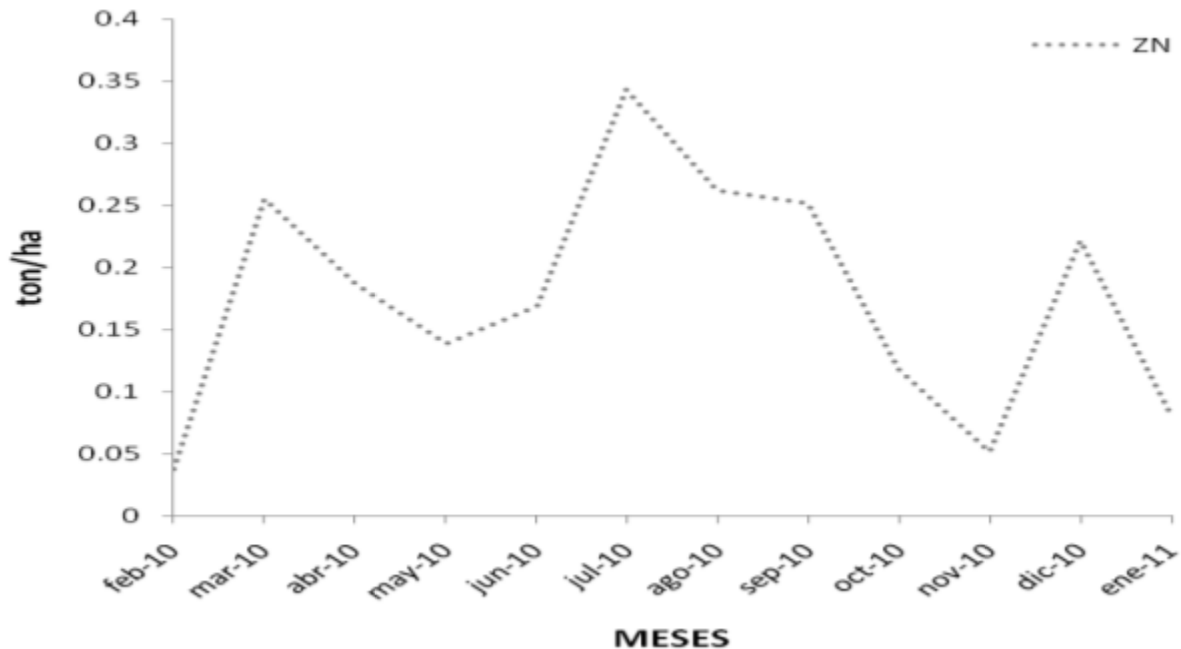


Figura 35. Producción promedio mensual de biomasa en la zona sujeta a conservación ecológica (ZSCE) Llano La Soledad. ZN: zona núcleo de uso restringido.

La producción promedio anual de biomasa aérea de la ZSCES fue de  $\bar{x}=0.177$  ton/ha. De acuerdo al tipo de biomasa que se produjo en la ANP, el matorral presentó una media anual de  $\bar{x}=0.592$  ton/ha de y  $\bar{x}=0.142$  ton/ha de pastizal.

#### 7.4. Comparación de la producción total de biomasa entre las ANP's

Para las tres áreas de estudio, el mes de julio fue el que presentó la mayor producción de biomasa, con  $\bar{x}=2.95$  ton/ha en La Trinidad,  $\bar{x}=2.66$  ton/ha en La Hediondilla y  $\bar{x}=0.343$  en el Llano La Soledad (Figura 36). Por otra parte, la ZSCET presentó un segundo pico de considerable producción en el mes de noviembre con  $\bar{x}=0.897$  ton/ha. En contraste, el ANP La Hediondilla alcanzó una media mensual de biomasa de  $\bar{x}=1.91$  ton/ha en diciembre y el Llano La Soledad para el mes de agosto exhibió otro pico de alta producción de biomasa con una promedio mensual de  $\bar{x}=0.262$  ton/ha (Apéndice VI, Cuadro VI.4).

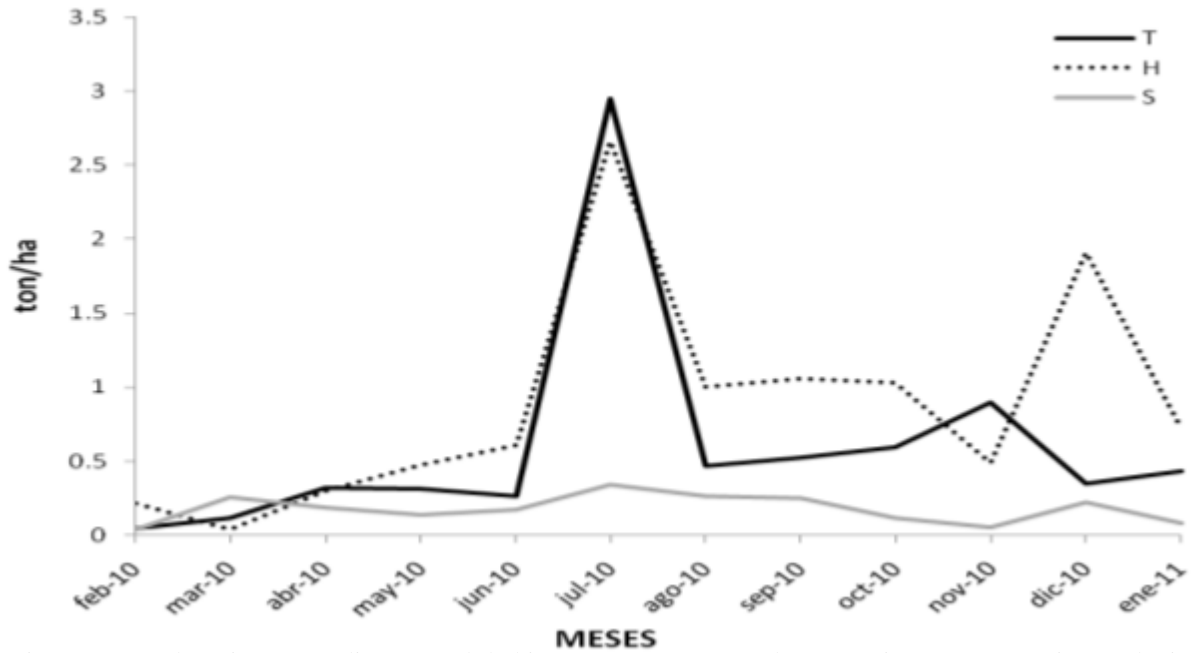


Figura 36. Producción promedio mensual de biomasa aérea en en cada zona sujeta a conservación ecológica: La Trinidad (T), La Hediondilla (H) y Llano La Soledad (S).

La prueba de Kruskal-Wallis mostró que existe diferencia significativa en la producción anual de biomasa en al menos una de la ANP's ( $\chi^2=67.31$ ,  $gl=2$ ,  $p<0.001$ ). El área protegida que mayor producción anual promedio tuvo fue La Hediondilla seguida de La Trinidad con valores de  $\bar{x}=0.890$  ton/ha y  $\bar{x}=0.624$  ton/ha respectivamente (Figura 37), mientras que el Llano La Soledad presentó una menor producción con  $\bar{x}=0.177$  ton/ha.

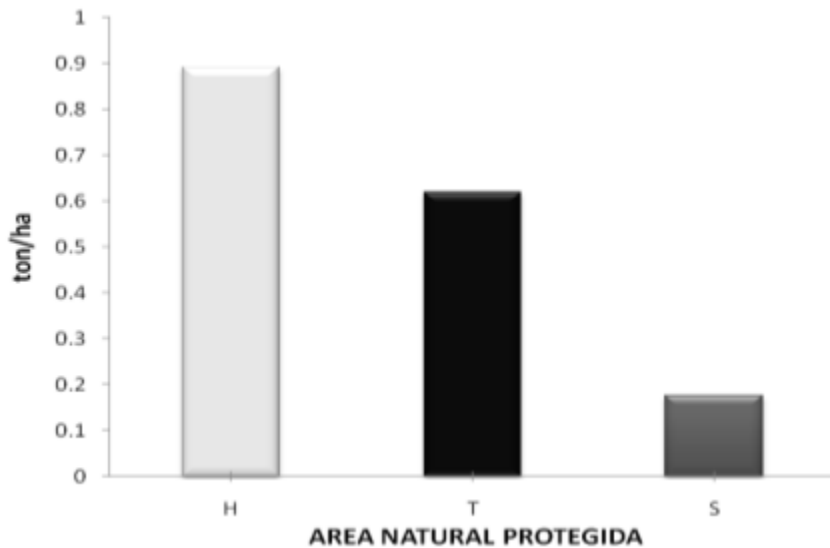


Figura 37. Producción anual promedio de biomasa aérea en La Trinidad (T), La Hediondilla (H) y Llano La Soledad (S).

## 8. Discusión

La superficie de pastizales de las áreas naturales protegidas La Trinidad y La Hediondilla han sufrido cambios importantes tal como Scott y colaboradores (2004) afirman, como consecuencia de la apertura de tierras para la agricultura provocando una disminución y fragmentación de los pastizales ocupados por el perrito llanero mexicano dentro de áreas de estudio. Caso contrario es la ZSCE Llano La Soledad que después de su decreto, el uso de suelo para actividades agrícolas en el área fue nulo, hecho que está relacionado a que toda el ANP es zona núcleo por lo que las actividades dentro del área son de uso restringido.

Lo anterior se puede apreciar con el análisis multitemporal de las imágenes satelitales, particularmente, en el ANP La Trinidad las parcelas presentaban en 1990 la forma típica de sistemas de riego tipo pivote que aún son populares en el área, contrastando con las de 1973 que eran parcelas de cultivo más bien de tipo tradicional, tal como es reportado por Pronatura Noreste y The Nature Conservancy (2007 en Medrano 2010). A partir del año de su decreto como área protegida (Enero de 2002) disminuyó el desmonte de tierras para ser cultivadas y durante este estudio se reutilizaron otras que ya se encontraban en recuperación natural hace 10 años atrás.

Si bien hay fragmentación y modificación del pastizal de la ANP La Trinidad, es de importancia recalcar que también existen zonas que se están recuperando naturalmente desde hace al menos 10 años, ya que no se ha utilizado desde entonces. En la actualidad, se comienza a notar la presencia de perritos llaneros en estas zonas y las especies de vegetación nativas presentan un incremento, periodo precisamente en el cual la vegetación nativa inicia el incremento de la cubierta vegetal. Esto coincide con Yen (2006) en sus observaciones de campo que a partir de los 5 años hay evidencias de la recuperación del vegetación nativa.

También, se encontraron cambios en la superficie del pastizal dentro de la ANP La Hediondilla. Primeramente, desde 1973 al 2001, se re-usaron casi siempre las mismas tierras que se desmontaron en ese periodo. Para el año 2004, dos años posterior a su decreto como Área Protegida (Periódico Oficial 2002), existía evidencia de la gran extensión de pastizal



abierto para utilizarse en la agricultura con sistemas de riego tipo pivote. En el año 2006 se observaron zonas que fueron reutilizadas para la agricultura, además de nuevas áreas desmontadas para cultivarse con las que se comenzó a invadir la segunda zona de amortiguamiento que contempla el ANP. De la misma manera, se aprecian enormes fragmentos de sitios en proceso de recuperación natural para el mismo año.

Para comienzos del 2011, en La Hediondilla aun se siguen desmontando nuevas tierras para la agricultura, éstas mayormente concentradas en la segunda zona de amortiguamiento, no obstante las regulaciones de la SEMARNAT relacionadas con áreas que albergan especies prioritarias de conservación como el perrito llanero mexicano (*Cynomys mexicanus*) y algunas otras como el águila real (*Aquila chrysaetos*), chorlo llanero (*Charadrius montanus*), zorra norteña (*Vulpes macrotis*), tlalcoyote (*Taxidea taxus*) (D. O. F. 2010). En la misma área protegida se lograron apreciar fragmentos con surcos que han estado abandonados desde aproximadamente el año 2001 y 2004 y sitios que ya se encuentran en alguna etapa de recolonización, de hecho, buena parte de la ZAASRN se encuentra de esta manera notándose la capacidad de recuperación que muestra la zona y que es coincidente con lo que Yen (2006) logró observar en sus estudios, donde después de al menos 11 años, comienzan algunos sitios abandonados a cubrirse con individuos aislados de especies nativas que contribuyen al comienzo del crecimiento de la cubierta vegetal sobre éstas zonas. Esto hace notar la capacidad de resiliencia que tiene el ecosistema de pastizal para regresar lo más pronto posible a su estado previo a la perturbación, a pesar de los eventos de gran magnitud que ha sufrido y que han hecho que el proceso de recolonización se vuelva difícil (Holling 1973).

Los análisis de series de tiempo advirtieron que la ZN de la Trinidad no cuenta con algún pronóstico sobre lo que pudiera pasarle a la zona en años futuros dado que una vez que fue decretada como área protegida, el uso de suelo cesó dramáticamente dentro de ella, dado que es la zona con uso restringido (PRONATURA 2003).

De igual manera, para la ZAASRN de La Hediondilla, donde si hubo un aumento en las superficies desmontadas de 1973 a 2004, después de su decreto como zona ecológica en el

2001, no hubo incrementos drásticos que pudieran contribuir a deducir con las series de tiempo que pudiera sucederle en los siguientes años.

De forma general, las ZSCE La Hediondilla y La Trinidad son aquellas áreas protegidas donde el uso de suelo para la actividad agrícola es de mayor demanda y la ganadería sigue presente, por consiguiente, debe de continuarse monitoreando las actividades antropogénicas que se estén realizando dentro de ellas, a fin de conocer con mayor certeza el futuro del ecosistema. No obstante la legislación vigente, se realizan cambios de uso de suelo ilegales, sumando los problemas fitosanitarios y de descapitalización que ocurren en estos lugares (Gutiérrez 2008).

No obstante, cabe señalar que la salud del pastizal, así como del matorral, en la Zona Núcleo de La Hediondilla se encuentra en estado crítico a pesar de ser una zona de uso restringido. El resultado de la salud de esta ZN se debe en parte a la presión que recibe de las zonas de aprovechamiento que la rodean, aunado además a su tamaño, reflejando que la zona no está cumpliendo o funcionando según los objetivos por los cuales se creó, de acuerdo al Plan de Manejo (PRONATURA 2003). Ecológicamente hablando, la capacidad de la ZN para absorber los efectos negativos de la perturbación que la rodea está sobrepasando su resistencia (Giraldo y Arellano 2003) y por ello se obtuvo esta calidad de sitio, para lo que podría sugerirse una reconsideración en cuanto a su tamaño de territorio o implementar algunas estrategias sobre las zonas que la rodean y así le permitan disminuir la presión a la que es sometida, a manera de mejorar la salud de todo el sitio.

Por tanto, con todo el contexto previamente analizado se puede aceptar la hipótesis establecida para este objetivo, de que las actividades antropogénicas impactan las Áreas Naturales Protegidas establecidas para la conservación del perrito llanero mexicano *Cynomys mexicanus*, exceptuando el ANP Llano La Soledad, situación que pudo visualizarse y cuantificarse a lo largo del tiempo analizado.

El hecho de encontrar en un atributo dos tipos de estatus que definen la salud de un mismo sitio, como lo fueron para algunas zonas de La Hediondilla y La Trinidad, se debe en

parte a la heterogeneidad dentro del sitio resultado de la diversa actividad antropogénica que a través del tiempo se han visto sometidas, tal como Manzano (2006) y Yen (2006) observan en sus respectivos trabajos con relación al cambio de cobertura y características del suelo producidas por la actividad agrícola.

Lo anterior comprueba la evidente decadencia en la salud del ecosistema que padecen dos de las tres ANP's que protegen a *Cynomys mexicanus*, en sus tres atributos, entendiéndose por tanto que los planes de manejo establecidos para cada una de ellas no están funcionando por lo que deben de comenzarse a proponer soluciones prontas ante este hallazgo como serían, medidas más enérgicas en cuanto al uso del suelo sin dejar a un lado los intereses de aquellos ejidos que se ven involucrados en dicha actividad, de igual forma pudieran observarse aspectos del tamaño del territorio de las áreas protegidas en cuestión a fin de considerar si se requiere ampliar el espacio de las ANP's, aunado al hecho de comenzar a implementar programas de recuperación en aquellos sitios donde se han identificado la problemática.

De no acatar pronto las sugerencias anteriores, aumenta el riesgo del deterioro de la composición y fisionomía de estos pastizales y matorrales del norte de México, que están teniendo una rápida transformación sobre su ecosistema, como ya se vio, debido principalmente al uso del suelo, que trae conflictos en las funciones ecológicas y resulta económicamente insostenible para el ecosistema (Bird Conservation 2005).

Es importante enfatizar que en dos de las tres zonas que conforman el Área Natural Protegida de La Hediondilla, el atributo S (estabilidad sitio/suelo) fue el que presentó el estado de salud más crítico, por lo que se deben enfocar, además de lo propuesto en el párrafo anterior, estudios sobre el tema ya que hay que considerar todas las variables posibles en campo que estén involucradas y que fueron parte del resultado aquí presentado. En vista de que la ZSCE La Hediondilla es el ANP que en general cuenta con el estado de salud más crítico, debe de ser prontamente atendida para prevenir, tratar y proponer protocolos que le permitan, aunado a estudios complementarios, mejorar la calidad del sitio a fin de funcionar según los objetivos del Plan de Manejo propuesto para esta ANP, y de igual forma enfocar este tipo de esfuerzos para las zonas que lo requieran en la ZSCE La Trinidad.

Como complemento con respecto a los indicadores empleados en el presente trabajo, una vez de que se decida continuar con un muestreo y monitoreo futuros, puede hacerse uso de algunos indicadores como sería la Erosión eólica y suelo depositado y Movimiento del mantillo (Pellant *et al.* 2005), que evalúan aspectos sobre la Funcionalidad Hidrológica y Estabilidad de Sitio/suelo, que considero servirían para comprender con más detalle los efectos de la erosión sobre las ANP's que tienen problemas de salud, ya que serían de gran utilidad en estudios futuros, además de otras pruebas en campo y laboratorio para reforzar las decisiones que se tomen a favor de mejorar el ecosistema de las áreas protegidas.

Si bien la cantidad y el manejo de hatos ganaderos no fueron evaluados en el presente trabajo, puede mencionarse que la actividad ganadera por ganado caprino, en menor medida por ganado vacuno y equino, se pudo observar en la zona ecológica de La Hediondilla durante los muestreos. Al menos tres diferentes hatos de ganado caprino compuestos entre 200 y 300 cabezas en promedio eran llevados a alimentarse (Anexo VII, Figura 47); en la ZAASRN se observaron evidentes y numerosos caminos producto del pastoreo en la zona, por lo que la práctica ganadera actual puede ser de los factores que revelaron una situación crítica en la estabilidad sitio/suelo de La Hediondilla.

Por su parte, en la ZSCE La Trinidad se encontraron pastando dentro de cercos, incluyendo el interior de la ZN del sitio ecológico, alrededor de un hato de ganado caprino compuesto de entre 200 y 300 cabezas, dos de ganado vacuno de entre 50 y 100 cabezas y varios grupos de equinos los cuales no sobrepasaban los 10 individuos. Todos estos avistamientos ocurrieron en diferentes puntos del Área Protegida sin concentrarse en alguna zona en específico, que si bien dicha actividad no ha afectado la calidad del sitio, es de suma importancia seguir monitoreando las actividades ganaderas para continuar manteniendo la salud de la zona ecológica, entre otros aspectos (Duniway *et al.* 2010).

En cuanto a la ZSCE Llano La Soledad, durante los muestreos se pudo apreciar un aproximado de entre 5 y 6 hatos de ganado vacuno compuestos de unas 100 y 150 cabezas, algunos de estos hatos se encontraban dentro de cercos; además diversos grupos de ganado equino fueron observados, conformados de entre 5 y 10 individuos los cuales si estaban

resguardados dentro de cercos. De igual forma que para La Trinidad, aparentemente esta actividad ganadera no ha afectado la calidad del sitio ecológico del Llano La Soledad, sin embargo, se podría mejorar la actividad ganadera si se realizara un manejo del agostadero y de esta manera podría mejorar la calidad del sitio y el ganado considerablemente.

Cabe mencionar que a finales del año 2009, en uno de los límites del ANP Llano La Soledad, que colinda con Coahuila, se realizaron unos surcos (ver foto 48 del Anexo VII) en aproximadamente 126 hectáreas, para fines de captación de agua o para mejorar el agostadero, de acuerdo a un programa de apoyo al Ejido San José de los Alamitos del Estado de Coahuila. Este y otros tipos de programas mal planeados y ejecutados pueden repercutir en la calidad del área protegida ya que los beneficios para el ecosistema son irrelevantes, pero si impacta a la salud del ecosistema y al perrito llanero mexicano, ya que estos montículos representan barreras visuales para detectar a sus depredadores y poder escapar de los mismos.

Así, la hipótesis referente a que la salud del ecosistema de pastizal es diferente entre las ANP's establecidas para la conservación del perrito llanero mexicano, se acepta, puesto que hay variación en al menos una de las tres zonas ecológicas evaluadas, desde el punto de vista de la salud del ecosistema en cada una de ellas.

De manera general, el ANP que más biomasa produjo fue La Hediondilla, seguida de La Trinidad y el Llano La Soledad. Sin embargo, hay que señalar que la actividad antropogénica, específicamente la agricultura, ha sido más intensa en La Hediondilla lo que produce grandes cantidades de plantas invasoras y por lo tanto un incremento en la productividad primaria.. En el Llano La Soledad, las actividades antropogénicas prácticamente fueron inexistentes, por lo que la biomasa encontrada es sobre las comunidades de pastizal y matorral natural.

Medrano (2010) reporta una producción anual promedio de biomasa en el pastizal de la Hediondilla de  $\bar{x}=0.05$  ton/ha, la cual es mucho menor en comparación a la estimada en el presente trabajo de  $\bar{x}=0.258$  ton/ha en la misma área protegida, así como para La Trinidad ( $\bar{x}=0.329$  ton/ha) y Llano La Soledad ( $\bar{x}=0.142$  ton/ha). Esta diferencia se debe al tamaño de

muestra y las parcelas muestreadas entre los trabajos. Medrano evaluó un fragmento aislado de pastizal con una superficie de 4 hectáreas, el cual era frecuentemente utilizado como agostadero por el ganado caprino, mientras que en este trabajo los puntos de muestreo fueron distribuidos al azar en toda el área natural protegida de tal manera que permitió una mayor representatividad de las diversas condiciones de esta comunidad vegetal.

De la misma manera, Medrano (2010) reporta una productividad media anual de 0.11 ton/ha en una parcela de 4 hectáreas de pastizal localizada en el ANP Llano La Soledad, la cual es menor a 0.142 ton/ha encontradas en este trabajo. Otro estudio que evaluó la productividad primaria en el pastizal del Rancho Los Ángeles, otra colonia de perrito llanero mexicano, reporta una producción de biomasa promedio de 0.07 ton/ha (Rioja 2003), la cual también es menor a la encontrada en este trabajo pero similar a la reportada por Medrano (*op.c.it*).

Cabe resaltar que se encontró diferencia significativa en cuanto a la producción de biomasa anual entre las áreas naturales protegidas. La razón principal puede deberse a la diferente actividad antropogénica que sufrieron cada ANP a lo largo de los 38 años evaluados, donde La Trinidad y La Hediondilla son las áreas que de forma general han sido sometidas a un uso agrícola similar, dando como consecuencia que sus producciones de biomasa estén fuertemente ligadas a la presencia de plantas invasoras, las cuales influyeron en los valores de productividad encontrados en este trabajo.

A pesar de que las tres ANP's analizadas en el presente estudio tienen una capacidad de resistencia y resiliencia "natural" como comunidades individuales (Seybold *et al* 1999), entendiendo resistencia como la capacidad que tiene un sitio para absorber los efectos de una perturbación, y resiliencia como la capacidad que tiene el ecosistema para regresar lo más pronto posible a su estado previo a la perturbación (Maass 2007), que sin bien es cierto varían de acuerdo al grado de disturbio que presenta cada una, aparentemente la actividad antropogénica (y la falta de programas de restauración) a la que están siendo sometidas no les permite conseguir y manifestar la etapa seral inicial después de los distintos disturbios que exhiben, ya que al cabo de cierto tiempo, al menos 5 años, vuelven a ser utilizados como

parcelas agrícolas, por lo que la resiliencia podría ser afectada a largo plazo haciendo que los sitios puedan llegar a perder esta capacidad.

En este trabajo, se identificaron sitios que hace 10 años habían sido empleados para la agricultura y abandonados, los cuales mostraron evidencias de recuperación de la vegetación nativa de manera natural y la presencia del perrito llanero mexicano. Esto coincide con Yen (2006), quién señala que a los 10 u 11 años aún se observan rastros de los surcos producto de la agricultura, pero que las plantas nativas han comenzado a aparecer formando parte de la cobertura vegetal.

La metodología utilizada en esta investigación para evaluar la salud del ecosistema a través de indicadores (Pellant *et al.* 2005) es muy general, por lo que la aplicación de todos los indicadores en la evaluación de las áreas naturales protegidas ocupadas por el perrito llanero mexicano no fue posible. El hábitat del perrito llanero mexicano, como muchos autores lo consideran (Ceballos *et al.* 1993, Ceballos y Pacheco 2000, Luévano *et al.* 2008, Manzano 2006, Reséndiz 2006, entre otros) posee características y peculiaridades más individualizadas y específicas que no comparte con el resto de los ecosistemas áridos del norte del país, esta situación fueron el criterio para seleccionar únicamente ocho de los 17 indicadores propuestos por Pellant (*op. cit.*). Considero que valdría la pena ajustar los indicadores a un carácter cuantitativo ó incluso nuevos protocolos, como también propone Pyke (2002), para llegar un mejor entendimiento y manejo de los pastizales.

## **9. Conclusiones**

### *9.1 Uso del suelo*

La reducción y fragmentación de la superficie de pastizal ocupado por el perrito llanero mexicano es notable en dos de las tres áreas naturales protegidas (ANP) establecidas para su conservación en el Estado de Nuevo León. El cambio de uso de suelo, a causa de la apertura de tierras para la actividad agrícola, mostró una tendencia que es preocupante y de continuar los factores socioeconómicos que han venido actuando en los últimos años, la pérdida de

pastizal nativo y por ende hábitat del perrito llanero mexicano será una constante que podría influir en la funcionalidad del ecosistema del pastizal afectando a la biodiversidad en general.

Las ANP de La Hediondilla y La Trinidad, con casi 45% y 27% respectivamente, son las zonas ecológicas con mayor cambio de uso de suelo para la agricultura entre el año 1973 hasta el año 2011.

En la actualidad, las Zonas Núcleo de cada ANP se encuentran con una escasa actividad agrícola, en tanto que la zona sujeta a conservación ecológica Llano La Soledad es el ANP con mayor superficie de pastizal disponible. Para contribuir con los propósitos establecidos en los planes de manejo de cada zona ecológica, se recomienda implementar actividades de manejo, restauración y/o rehabilitación para aquellos sitios donde se ha identificado alguna problemática con respecto a su condición.

## *9.2 Calidad de hábitat*

El Área Protegida de La Hediondilla es la zona ecológica con una condición y salud del hábitat severamente modificado. La zona núcleo de esta área presenta el estado más crítico en los tres atributos que determinaron la salud del pastizal. En cambio, la ZAASRN muestra que la Estabilidad Sitio/Suelo e Integridad Biótica están severamente modificadas en su capacidad funcional. La ZAASA es la única zona con una condición y salud de pastizal con mejores condiciones.

La ZSCE La Trinidad presenta singularmente una alta reducción en la Integridad Biótica dentro de su ZN, contrario a lo que pudiera esperarse de una zona de uso restringido. De manera general, las zonas sujetas a conservación ecológica La Trinidad y Llano al Soledad son las áreas con una condición y salud del pastizal en mejores condiciones.

La salud del matorral que se presentó en la zona núcleo el sitio ecológico La Hediondilla tuvo el estatus más crítico en los tres atributos que determinaron la salud de esa comunidad vegetal. El matorral de la ZAASA del área protegida de La Trinidad, así como la ZN del Llano la Soledad, también presentaron el estatus más crítico indicando que la salud de



este tipo de vegetación está severamente modificada en su Funcionalidad Hidrológica, Integridad Biótica y su Estabilidad del Sitio/suelo.

### *9.3. Producción de biomasa*

La zona sujeta a conservación ecológica La Hediondila es el área protegida con mayor producción de biomasa aérea, con una media anual de  $\bar{x}=0.890$  ton/ha, debido a sus condiciones peculiares de salud, a la alta actividad antropogénica que presenta, a la existencia de sitios con vegetación invasora y otros en recolonización, aunado a la presencia de comunidades vegetales de matorral. El sitio de La Trinidad produjo biomasa de pastizal, matorral y plantas invasoras que en conjunto tuvieron un promedio anual de  $\bar{x}=0.624$  ton/ha y El Llano La Soledad tuvo una producción de  $\bar{x}=0.177$  ton/ha, incluyendo pastizal y matorral nativo.

Hay una evidente diferencia significativa en cuando a las producciones anuales de biomasa aérea de cada área protegida, indicando que cada una está produciendo proporciones diferentes, producto de las condiciones peculiares que caracterizan a cada zona ecológica. El ANP La Trinidad es la zona que produjo mayor cantidad de biomasa aérea de pastizal nativo ( $\bar{x}=0.329$  ton/ha), así como también de plantas invasoras ( $\bar{x}=2.08$ ton/ha), en tanto que El Llano La Soledad es el sitio que mayor cantidad de biomasa de matorral produjo ( $\bar{x}=0.592$ ton/ha).

### *9.4. Implicaciones para la conservación y recomendaciones finales*

Se recomienda, en caso de continuar con muestreos y monitoreos, complementarlos con el análisis de los indicadores tales como Erosión eólica y suelo depositado y Movimiento del mantillo, que permitirán evaluar aspectos sobre la Funcionalidad Hidrológica y Estabilidad de Sitio/suelo y que contribuirán a comprender con más detalle los efectos de la erosión sobre las ANP's que tienen problemas de salud, ya que serían de gran utilidad en estudios futuros, además de otras pruebas en campo y laboratorio para reforzar las decisiones que se tomen a favor de mejorar el ecosistema de las áreas protegidas.

Se recomienda realizar una revisión y actualización de los planes de manejo de cada ANP para mejorar y reajustar los objetivos ante la situación de la salud crítica que en general están padeciendo las áreas protegidas del perrito llanero mexicano, además de comenzar a proponer soluciones prontas ante los hallazgos del presente trabajo. Son necesarias medidas más enérgicas en cuanto al uso del suelo sin dejar a un lado los intereses de aquellos ejidos que se ven involucrados en dicha actividad, con la finalidad de lograr proteger el ecosistema del *Cynomys mexicanus* y demás especies que dependen de éste hábitat. De igual forma pudieran observarse aspectos del tamaño del territorio de las áreas protegidas en cuestión a fin de considerar si se requiere ampliar el espacio de las ANP's o sus zonas de manejo, conjugando con programas de recuperación sobre los sitios que han sido identificados con alguna problemática.

Por último, es recomendable incorporar parámetros de carácter cuantitativo en la metodología de evaluación de la salud del ecosistema, que permitan enriquecer la interpretación de la salud del ecosistema y su impacto en la población de *Cynomys mexicanus* y las especies acompañantes en el pastizal.

## 10. Literatura citada

- Adams B., G. Ehler., C. Stone, D. Lawrence, M. Alexander, M. Willoughby, C. Hincy, D. Moisey, A. Burkinshaw y J. Carlson. 2003. Rangeland health assessment for grassland, forest and Tame pasture. Alberta Sustainable Resource Development Public Lands and Forests Division Rangeland Management Bran. First Printing May 2003. Public Lands & Forests. 117 pp.
- Aguilar C., E. Martínez y L. Arriaga. 2008. Deforestación y fragmentación de ecosistemas, ¿Qué tan grave es el problema en México?. Disponible en la página web: [http://www.conabio.gob.mx/institucion/conabio\\_español/doctos/deforestacion.html](http://www.conabio.gob.mx/institucion/conabio_español/doctos/deforestacion.html)
- Anderson E. 1974. Indicators of soil movement on range watersheds. *Journal of Range Management* 27:244-247 pp.
- Arita H. y R. Humphrey. 1988. Revisión taxonómica de los murciélagos magueyeros del género *Leptonycteris* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Acta Zoológica Mexicana*, Instituto de Ecología (nueva serie). México. 29:01-60 pp.
- Ávila F. 2009. Black-tailed prairie dog declines in northwestern Mexico: species-habita relationships in a changing landscape. Tesis para obtener el grado de Doctor en Filosofía, Department of Biological Sciences. University of Alberta. USA. 180 pp.
- Ávila-Valle A. 2002. Variación geográfica de *Peromyscus fuvvus* (Rodentia: Muridae). Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM.
- Bird Conservantion. 2005. Mexican Grassland Appela: Savingt the Saltillo Savanna. *The Magazine of American Bird Conservancy*. June, 6-7 pp.
- Bronson F. 1989. Mammalian reproductive biology. The University of Chicago Press. Chicago, Illinois. 629 pp.
- Bryan R. 1987. Processes and significance of rill development. Pages 1-16. En: Bryan, R.B. (ed). *Rill erosion: processes and significance*. Catena supplement, 8, Catena Verlag, Germany.
- Canales, D. J. C. 2006. Uso de hábitat y relaciones sociales de *Spizella wortheni* en el Altiplano Mexicano. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Forestales. UANL. 70 pp.

- Cantú C., R. Sariñana, G. Rodríguez, F. González, E. Treviño, L. Rocha y S. Hernández. 1997. Evaluación de áreas naturales protegidas susceptibles de conservación ecológica en Nuevo León. Reporte Científico No. 35, Facultad de Ciencias Forestales, UANL.
- Castañeda J. 2006. Las áreas naturales protegidas de México; de su origen precoz a su consolidación tardía. Rev. Elec. de Geografía y Ciencias Sociales, Vol. X, No. 218(13).
- Castillo D., T. Sáenz, L. Torres y D. Sánchez. 2009. Tablas de producción para el inventario de Cortadillo (*Nolina cespitifera* Trel.) en el Sureste de Coahuila. Rev. Cient. For. Mex v.34 n.105, 159-174 pp.
- Ceballos G. y E. Wilson. 1985. Mammalian Species, *Cynomys mexicanus*. The American Society of Mammalogists No. 248, 1-3 pp.
- Ceballos G., E. Mellink y R. Hanebury. 1993. Distribution and conservation status of Prairie dogs *Cynomys mexicanus* and *Cynomys ludovicianus* in Mexico. Biological Conservation, 63:105-112 pp.
- Ceballos G. y J. Pacheco. 2000. Los perros llaneros de Chihuahua: importancia biológica y conservación. Biodiversitas, boletín bimestral de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 1-5 pp.
- Ceballos G., J. Arroyo-Cabrales y R. Medellín. 2002. The mammals of México: composition, distribution, and conservation. Occasional Papers, Museum of Texas Tech University, 218:1-27 pp.
- Ceballos G. y G. Oliva. 2005. Los mamíferos silvestres de México. Fondo de Cultura Económica, Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad.
- CITES. 2011. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Apéndices I, II y III. 42 pp. Consultado en <http://www.cites.org/esp/app/S-Apr27.pdf> el 25 de mayo de 2011.
- Crisci J. V. y López. 1983. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Secretaría Gral. de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D.C.
- CONABIO. 2008. Regiones Terrestres Prioritarias de México: Tokio. En línea disponible: [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rtp\\_080.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rtp_080.pdf).

- Conover, W. 1980, Practical Nonparametric Statistics. 2nd edn. John Wiley & Sons, New York. 265 pp.
- Contreras-Balderas A., J. González, J. García e I. Ruvalcaba. 2008. Nuevo León en Ortíz-Pulido R., A. Navarro-Sigüenza, H. Gómez de Silva, O. Rojas-Soto y A. Peterson. (Eds.), Avifauna Estatales de México. CIPAMEX. Pachuca, Hidalgo, México. pp. 165-198. ISSN: 180-7777.
- Cotera 2000. Reporte taller de planeación de conservación de sitio "El Tokio". Pronatura Noreste A. C. Número de Convenio: Addendum Numer Mx15.04 to Conservation Partnership Agreement. 73 pp.
- Cotera-Correa M. y L. Scott-Morales. 2000. Pradera de Tokio. En: Áreas de importancia para la conservación de las aves. M. del Coro Arizmendi y L. Márquez-Valdelamar eds. 132-133 pp.
- Diario Oficial de la Federación. 2010. SEMARNAT. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. 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. 30 de diciembre de 2010. Segunda sección. Páginas 1-78.
- Doria, T. C. V. 2006. Caracterización de la comunidad aviar en el pastizal halófito del sur del estado de Coahuila. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Forestales. UANL. 52 pp.
- Duniway M., J. Herrick, D. Pyke y D. Toledo. 2010. Assessing Transportation Infrastructure Impacts on Rangelands: Test of a Standard Rangeland Assessment Protocol. Rangeland Ecol Manage 63:524-536 pp.
- Dytham C. 2003. Choosing and Using Statistics: A Biologist's Guide. 2<sup>nd</sup> edition. Blackwell Science Ltd. USA. 225 pp.
- ECOPAD. 2007. Estrategias para la conservación de Pastizales del Desierto Chihuahuense, Chihuahua, México. 28 pp.
- Escalante T. 2003. Determinación de prioridades en las áreas de conservación para los mamíferos terrestres de México, empleando criterios biogeográficos. Anales del Instituto de Biología, UNAM, Serie Zoológica 74(2): 211-237 pp.

- Escalante T., D. Espinosa y J. Morrone. 2002. Patrones de distribución geográfica de los mamíferos terrestres de México. *Acta Zoológica mexicana* (n.s.) 87:47-65 pp.
- Estrada E., M. Scott, J. Villarreal, E. Jurado, M. Cotera, C. Cantú y J. García. 2010. Clasificación de los pastizales halófilos del noreste de México asociados con perrito de las praderas (*Cynomys mexicanus*): diversidad y endemismo de especies. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81:401-416 pp.
- Fa J. y L. Morales. 1998. Patrones de diversidad de mamíferos de México. En: *Diversidad biológica de México: orígenes y distribuciones*. Ramamoorthy T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). Instituto de Biología, UNAM, México. 315-352 p.
- Flores-Villela y P. Geréz. 1994. *Biodiversidad y Conservación en México: Vertebrados, Vegetación y Uso de Suelo*. CONABIO, UNAM.
- García-Marmolejo G., T. Escalante y J. Morrone. 2008. Establecimiento de prioridades para la conservación de mamíferos terrestres neotropicales de México. *Mastozoología Neotropical*, 15(1):41-65 pp.
- Gauthier D., A. Lafon, T. Toombs, J. Hoth y E. Wiken. 2003. *Glasslands: toward a North American Conservation Strategy*. Commission for environmental, Canadian plains research center University of Regina and Commission for Environmental Cooperation, Montreal, Quebec, Canada. 99 pp.
- Giraldo A. y G. Arellano. 2003. Resiliencia de la comunidad epífeá de coleóptera en las lomas de Lachay después del evento El niño 1997-98. *Ecología aplicada* 2(1), 59-68 pp.
- González S. 2002. Perro de la pradera mexicana *Cynomys mexicanus* en el Norte de México. Desarrollo de un modelo para la evaluación de su hábitat.
- Gutiérrez M. 2008. Impacto antropogénico en la región prioritaria para la conservación "El Tokio", en el altiplano mexicano. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias Forestales, UANL.
- Herrick J. 2000. Soil quality: an indicator of sustainable land management? *Applied Soil Ecology* 15. 75-83 pp.
- Holling C. 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4:1-23 pp.
- Hoogland J. 1995. *The Black-tailed prairie dog social life of a burrowing mammal*. The University of Chicago Press, Chicago.

- Hoth J., C. Aguirre y A. Lafón. 2008. Regional Summary Template. Temperate Grasslands Conservation Initiative Meeting, Hohhot China Meeting. June 28-29, 10 pp.
- INEGI 2002-2005. Superficie total por entidad federativa, según uso del suelo y vegetación. Carta de uso de Suelo y Vegetación 1:250 000 Serie III. Periodo de observación de 2002 a 2005.
- Jiménez A. y J. López. 1992. Estado actual de la zorra del desierto, *Vulpes velox zinseri*, en el ejido El Tokio, Galeana, Nuevo León, México. Publicaciones biológicas, F.C.B., U.A.N.L., Vol. 6(1), 53-60 pp.
- Joyce, L. and R. Heitschmidt. 2003. Indicators for ecological health and diversity on rangelands. Progress report from Sustainable Rangelands Roundtable symposium. Ver en <http://sustainableangelands.cnr.colostate.edu/>
- Lovina R., K. Launchbaugh, T. Jones, L. Babcock, R. Ambrosek, A. Stebleton, T. Brewer, K. Sanders, J. Mink y G. Hyde. 2009. Rangelands: An introduction to Idaho's Wild Open Spaces. Department of Rangeland Ecology and Management and Idaho Rangeland Resource Commission. 54 pp.
- Luévano J., E. Mellink, M. Riojas-López y J. Flores-Flores. 2008. Comunidades de roedores nocturnos en un ecotono de matorrales micrófilos y zacatal gipsófilo en San Luis Potosí. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79:197-203 pp.
- McDonald J. 2009. Handbook of Biological Statistics, second edition. Sparky House Publishing. Baltimore, Maryland, USA. 319 pp.
- Manzano P. 2006. Grasslands of Mexico: A Perspective on Their Conservation. Instituto de Ecología, UNAM. USDA Forest Service Proceedings RMRS 40. 43-47 pp.
- Maass M. 2007. Principios generales sobre el manejo de ecosistemas. Instituto Nacional de Ecología. Ver en [www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/395/maass.pdf?id\\_pub=395](http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/395/maass.pdf?id_pub=395)
- Medrano M. 2010. Efecto de la fragmentación del hábitat sobre el perrito llanero mexicano (*Cynomys mexicanus* Merriam) en Galeana, Nuevo León, México. Tesis para obtener el título de Maestro en Ciencias Forestales, Facultad de Ciencias Forestales, UANL. 92 pp.
- Mellado M., A. Olvera, A. Quero y G. Mendoza. 2005. Diets of prairie dogs, goats and sheep on a desert rangeland. *Rangeland Ecol Manage*, 58:373-379 pp.

- Miller, B. J., G. Ceballos y R.P. Reading. 1994. The prairie dog and biotic diversity. *Conservation Biology*, 8: 677-681.
- Miller B., R. Reading., J. Hoogland, T. Clar., G. Ceballos, R. List, S. Forrest, L. Hanebury, P. Manzano, J. Pacheco and D. Uresk. 2000. The role of prairie dogs as keystone species: a response to Stapp. *Conservation Biology* 14: 318–321.
- Morgan R. 1986. Soil erosion and conservation. D. A. Davison (ed). Longman Scientific & Technical, Wilwy, New York.
- Monteagudo D. y L. León. 2002. Estudio comparativo de los patrones de riqueza actitudinal de especies en mastofaunas de áreas montañosas mexicanas. *Revista Mexicana de Mastozoología* 6:60-82 pp.
- Navarro-Aguirre G. F. 2003. Determinación de la dieta estacional del perrito llanero (*Cynomys mexicanus merriam*) en el altiplano mexicano. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Forestales, UANL.
- O'Brien R., C. Johnson, A. Wilson y V. Elsbernd. 2003. Indicators of rangeland health and functionality in the intermountain West. United States of Agriculture. Forest Service. Rocky Mountain Research Station. 20 pp.
- Orta D. 1988. Influencia del perrito de las praderas (*Cynomys mexicanus*) en la vegetación y suelo del pastizal mediano abierto en Coahuila. Tesis de Maestría. U.A.A.A.N. Saltillo, Coahuila. 113 pp.
- Pellant M., P. Shaver, D. Pyke y J. Herrick. 2003. Interpretación de indicadores en la salud del pastizal, versión 3. Technical Reference 1734-6 U.S. Department of the interior, Bureau of Land Management, National Science and Technology Center, Denver, CO. BLM/WO/ST-00/001+1734. 60 pp.
- Pellant M., P. Shaver, D. Pyke y J. Herrick. 2005. Interpreting indicators of rangeland health, version 4. Technical Reference 1734-6 U.S. Department of the interior, Bureau of Land Management, National Science and Technology Center, Denver, CO. BLM/WO/ST-00/001+1734/REV05. 122 pp.
- Pérez F. 2007. Introducción a las series de tiempo. Métodos paramétricos. Sello Editorial Universidad de Medellín, Medellín. 75 pp.
- Periódico Oficial. 2002. Gobierno Constitucional del Estado Libre y Soberano de Nuevo León. Tomo CXXXIX, Núm. 7. Monterrey, N. L., lunes 14 de enero de 2002.



- Placer J. y Slobodchikoff. 2004. A method for identifying rounds in the classification of alarm calls. *Behavioural Processes* 67:87-98 pp.
- PRONATURA. 2003. Plan de Manejo ZSCET, ZCES y ZSCEH, Monterrey, Nuevo León, Febrero 2003.
- Pyke D., J. Herrick, P. Shaver y M. Pellant. 2002. Rangeland health attributes and indicators for qualitative assessment. *J. Range Manage*, 55:584-597 pp.
- Ramírez-Pulido J. y Castro-Campillo. 1993. Diversidad mastozoológica en México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural Vol. Esp. (XLIV):413-427 pp.*
- Ramírez-Pulido, J., J. Arroyo-Cabrales y A. Castro-Campillo. 2005. Estado actual y relación nomenclatura de los mamíferos terrestres de México. *Acta Zoológica Mexicana* 21: 21-82 pp.
- Reséndiz C. 2006. Especies amenazadas y comercialización: mamíferos. *Boletín de la Red ARRIBA y del Programa de Nature Serve para América Latina y el Caribe. Boletín No. 5.*
- Reyna G. 2007. Caracterización de los suelos de colonias del perrito llanero (*Cynomys mexicanus* Merriam) en Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí. Tesis para optar al título de Ing. Forestales, Facultad de Ciencias Forestales, UANL.
- Rioja T. 2003. Comportamiento reproductivo del perrito llanero (*Cynomys mexicanus* MERRIAM) en el altiplano mexicano. Tesis para obtener el título de Maestro en Ciencias Forestales, Facultad de Ciencias Forestales, UANL. 100 pp.
- Rioja T., L. Scott, M. Cotera y E. Estrada. 2008. Reproduction and Behavior of the Mexican Prairie Dog (*Cynomys mexicanus*). *The Southwestern Naturalist* 53(4): 520-523 pp.
- Royo M. y G. Báez. 2001. Descripción del hábitat de áreas colonizadas y sin colonizar por perrito llanero (*Cynomys ludovicianus*) en el noreste de Chihuahua. *Revista Técnica Pecuaria en México*. 89-104 pp.
- Sánchez F. 1981. Roedores y lagomorfos. 1ª ed. México, D.F. Colegio de Ingenieros Agrónomos de México, A.C.
- Sánchez González L. 2002. Variación geográfica y límites de especies en las poblaciones de *Chlorospingus ophthalmicus* (Aves: Thraupidae) de Mesoamérica. Tesis para Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM.

- Santos T. y Tellería. 2006. Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Ecosistemas* 15(2):3-12 pp.
- Sarukhán, J., *et al.* 2009. Capital natural de México. Síntesis: *conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 104 pp.
- Scott L., E. Estrada, F. Chávez y M. Cotera. 2004. Continued decline in Geographic distribution of the mexican prairie dog (*Cynomys mexicanus*). *Journal of Mammalogy*, 85(6):1095-2004 pp.
- Scott-Morales L., M. Cotera-Correa, y E. Estrada-Castillón. 2006. Estado de Conservación del perro llanero mexicano (*Cynomys mexicanus*) en el Altiplano Mexicano. Fondo Sectorial de Investigación, CONACyT-SEMARNAT. Informe Técnico Final.
- Seybold C., J. Herrick y J. Bredja. 1999. Soil resilience a fundamental component of soil quality. *Soil Science* 164:224-234 pp.
- Sheley R., J. James, B. Smith y E. Vasquez. 2010. Applying ecologically based invasive-plant management. *Rangeland Ecol Manage* 63:605-613 pp.
- Treviño-Villarreal J. 1990. The annual cycle of the Mexican Prairie dog (*Cynomys mexicanus*). *Occasional Papers of the Museum of Natural History, University of Kansas* 79:1273-1287 pp.
- Treviño-Villarreal J. y W. Grant. 1998. Geographic Range of the Endangered Mexican Prairie Dog (*Cynomys mexicanus*). *Journal of Mammalogy*, Vol. 79, No. 4. 1273-1287 pp.
- Treviño-Villarreal J., W. Grant y A. Cardona. 1997. Characterization of soil texture in mexican prairie dog (*Cynomys mexicanus*) colonies. *Texas J. Sui* 49:207-214 pp.
- Veloso C. y F. Bozinovic. 2000. Effect of food quality on the energetics of reproduction in a precocial rodent, *Octodon degus*. *Journal of Mammalogy*, 81(4): 971-978 pp.
- Villa B. y A. Cervantes. 2003. Los mamíferos de México. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Grupo Editorial Iberoamerica.
- Villacorta M., F. Camones, L. Miranda, E. Ordóñez y J. Vásquez. 2002. Desestacionalización de Series Económicas. Centro de Investigación y Desarrollo del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Lima. 60 pp.

- Wallace L. 1987. Effects of clipping and soil compaction on growth, morphology and mycorrhizal colonization of *Schizachyrium scoparium* a C4 bunchgrass. *Oecologia* 72:423-428 pp.
- Whitford W., A. De Soyza, J. Van Zee, J. Herrick y K. Havstad. 1998. Vegetation, soil, and animal indicators of rangeland health. *Environmental Monitoring and Assessment*, 51:179-200 pp.
- Whittaker R. 1975. *Communities and ecosystems*, 2<sup>nd</sup> edition. Macmillan, New York.
- Xia Y., D. Moore, S. Collins y E. Muldavin. 2010. Aboveground production and species richness of annuals in Chihuahua Desert grassland and shrubland plant communities. *Journal of Arid Environments* 74:378-385 pp.
- Yeaton R. y J. Flores-Flores. 2006. Patterns of occurrence and abundance in colony complexes of the Mexican Prairie dog (*Cynomys mexicanus*) in productive and unproductive grasslands. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 22(3): 107-130 pp.
- Yen M. 2006. Cambios en cobertura y composición florística del pastizal halófilo en el municipio de Galeana, N. L. México. Tesis para optar al título de Ing. Forestales, Facultad de Ciencias Forestales, UANL.
- Yerena Y. 2004. Evaluación de las comunidades de mamíferos medianos en colonias de perro llanero mexicano (*Cynomys mexicanus* Merriam) en el Altiplano Mexicano. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Forestales, UANL. 58 pp.

# ANEXOS

## Anexo I.- Cambio de uso de suelo

Cuadro I-1. **Análisis de regresión polinomial: ZONA NUCLEO-LA TRINIDAD**

---

Ecuación de la regression:  
ZONA NUCLEO-LA TRINIDAD = - 3.57E+08 + 536697 AÑO T - 269.0 AÑO T\*\*2 + 0.04495 AÑO T\*\*3

S = 40.0298    R-Sq = 89.6%    R-Sq(adj) = 74.0%

Análisis de Varianza

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	27581.8	9193.94	5.74	0.152
Error	2	3204.8	1602.38		
Total	5	30786.6			

---

Cuadro I-2. **Análisis de regresión: ZAASA-LA TRINIDAD**

---

Ecuación de la regression:  
ZAASA-LA TRINIDAD = - 43812 + 22.16 AÑO T

S = 238.298    R-Sq = 66.7%    R-Sq(adj) = 58.4%

Análisis de Varianza

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	455258	455258	8.02	0.047
Error	4	227144	56786		
Total	5	682402			

---

Cuadro I-3. **Análisis de regresión: ZAASRN-LA TRINIDAD**

---

Ecuación de la regression:  
ZAASRN-LA TRINIDAD = - 15451 + 7.816 AÑO T

S = 56.7347    R-Sq = 81.5%    R-Sq(adj) = 76.8%

Análisis de Varianza

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	56626.5	56626.5	17.59	0.014
Error	4	12875.3	3218.8		
Total	5	69501.8			

---

Cuadro I-4. **Análisis de regresión: ZSCET**

---

Ecuación de la regression:  
ZSCET = - 57708 + 29.23 AÑO T

S = 270.323    R-Sq = 73.0%    R-Sq(adj) = 66.3%

Análisis de Varianza

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	791638	791638	10.83	0.030
Error	4	292299	73075		
Total	5	1083936			

---

**Cuadro I-5. Análisis de regresión polinomial: ZAASA-LA HEDIONDILLA**

---

Ecuación de la regression:  
ZAAZA-LA HEDIONDILLA = - 3.99E+08 + 602930 AÑO H - 303.5 AÑO H\*\*2 + 0.05091 AÑO H\*\*3

S = 43.7041 R-Sq = 98.1% R-Sq(adj) = 95.3%

Análisis de Varianza

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	200756	66918.8	35.04	0.028
Error	2	3820	1910.0		
Total	5	204577			

---

**Cuadro I-6. Análisis de regresión polinomial: ZAASRN-LA HEDIONDILLA**

---

Ecuación de la regression:  
ZAASRN-LA HEDIONDILLA = 9.72E+08 - 1459455 AÑO H + 730.8 AÑO H\*\*2 - 0.1220 AÑO H\*\*3

S = 476.308 R-Sq = 72.1% R-Sq(adj) = 30.3%

Análisis de Varianza

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	1174231	391410	1.73	0.387
Error	2	453739	226869		
Total	5	1627969			

---

**Cuadro I-7. Análisis de regresión polinomial: ZSCEH**

---

Ecuación de la regression:  
ZSCEH = 5.72E+08 - 856525 AÑO H + 427 AÑO H\*\*2 - 0.0711 AÑO H\*\*3

S = 514.365 R-Sq = 80.1% R-Sq(adj) = 50.1%

Análisis de Varianza

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	2124085	708028	2.68	0.284
Error	2	529142	264571		
Total	5	2653228			

---

**Cuadro I-8. Análisis de regresión polinomial: ZSCES**

---

Ecuación de la regression:  
ZSCES = - 2.33E+08 + 349740 AÑO S - 175.0 AÑO S\*\*2 + 0.02919 AÑO S\*\*3

S = 76.8500 R-Sq = 75.6% R-Sq(adj) = 39.0%

Análisis de Varianza

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	36582.0	12194.0	2.06	0.343
Error	2	11811.9	5905.9		
Total	5	48393.8			

---

## Anexo II.- Salud del pastizal

Cuadro II.1. Estadística descriptiva de la ZN de ZSCE La Trinidad.

Indicador	N	Moda	Frecuencia de la moda	Mínimo	Máximo
1	60	1	60	1	1
2	117	2	27	1	5
3	117	Multiple	34	1	5
4	117	4	36	1	5
5	117	3	27	1	5
6	60	1	59	1	4
7	117	5	88	1	5

ZN= zona núcleo, ZSCE= zona sujeta a conservación ecológica  
Moda, Mínimo y Máximo= E (5), Me (4), M (3), L (2) y N (1)

Cuadro II.2. Estadística descriptiva de la ZAASA de ZSCE La Trinidad.

Indicador	N	Moda	Frecuencia de la moda	Mínimo	Máximo
1	83	1	80	1	4
2	178	1	77	1	5
3	178	3	56	1	5
4	178	3	51	1	5
5	178	1	58	1	5
6	83	1	56	1	5
7	178	5	115	1	5

ZAASA: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas, ZSCE= zona sujeta a conservación ecológica, Moda, Mínimo y Máximo= E (5), Me (4), M (3), L (2) y N (1)

Cuadro II.3. Estadística descriptiva de la ZAASRN de ZSCE La Trinidad

Indicador	N	Moda	Frecuencia de la moda	Mínimo	Máximo
1	54	1	54	1	1
2	108	1	36	1	5
3	108	4	30	1	5
4	108	4	29	1	5
5	108	1	29	1	5
6	54	1	46	1	5
7	108	5	67	1	5

ZAASRN: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, ZSCE= zona sujeta a conservación ecológica, Moda, Mínimo y Máximo= E (5), Me (4), M (3), L (2) y N (1)

**Cuadro II.4. Estadística descriptiva de la zona de matorral en la ZAASA de La Trinidad.**

Indicador	N	Moda	Frecuencia de la moda	Mínimo	Máximo
1	12	1	10	1	2
2	24	1	13	1	5
3	24	1	8	1	4
4	24	5	11	2	5
5	13	5	7	2	5
6	12	1	9	1	5
7	24	5	12	1	5

ZAASA: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas, ZSCE= zona sujeta a conservación ecológica, Moda, Mínimo y Máximo= E (5), Me (4), M (3), L (2) y N (1)

**Cuadro II.5. Estadística descriptiva de la ZN de ZSCE La Hediondilla.**

Indicador	N	Moda	Frecuencia de la moda	Mínimo	Máximo
1	24	1	23	1	2
2	48	5	12	1	5
3	48	1	15	1	5
4	48	3	23	1	5
5	48	5	17	1	5
6	24	1	18	1	4
7	48	5	38	1	4

ZN= zona núcleo, ZSCE= zona sujeta a conservación ecológica  
Moda, Mínimo y Máximo= E (5), Me (4), M (3), L (2) y N (1)

**Cuadro II.6. Estadística descriptiva de la ZAASA de ZSCE La Hediondilla.**

Indicador	N	Moda	Frecuencia de la moda	Mínimo	Máximo
1	38	1	37	1	2
2	78	1	20	1	5
3	78	4	26	1	5
4	78	1	25	1	5
5	78	5	23	1	5
6	38	1	32	1	5
7	78	5	65	1	5

ZAASA: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas, ZSCE= zona sujeta a conservación ecológica, Moda, Mínimo y Máximo= E (5), Me (4), M (3), L (2) y N (1)

Cuadro II.7. Estadística descriptiva de la ZAASRN de ZSCE La Hediondilla.

Indicador	N	Moda	Frecuencia de la moda	Mínimo	Máximo
1	99	1	94	1	2
2	191	1	75	1	5
3	191	4	52	1	5
4	191	3	52	1	5
5	191	1	62	1	5
6	99	1	36	1	5
7	191	5	187	1	3

ZAASRN: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, ZSCE= zona sujeta a conservación ecológica, Moda, Mínimo y Máximo= E (5), Me (4), M (3), L (2) y N (1)

Cuadro II.8. Estadística descriptiva de la zona de matorral en la ZN de la ZSCE La Hediondilla.

Indicador	N	Moda	Frecuencia de la moda	Mínimo	Máximo
1	12	1	11	1	2
2	24	3	8	1	5
3	24	Múltiple	9	1	5
4	24	3	16	1	5
5	10	5	10	5	5
6	12	1	12	1	1
7	24	5	23	2	5

ZN= zona núcleo, ZSCE= zona sujeta a conservación ecológica  
Moda, Mínimo y Máximo= E (5), Me (4), M (3), L (2) y N (1)

Cuadro II.9. Estadística descriptiva de la ZN de ZSCE Llano La Soledad.

Indicador	N	Moda	Frecuencia de la moda	Mínimo	Máximo
1	360	1	358	1	2
2	718	2	167	1	5
3	718	1	243	1	5
4	718	1	188	1	5
5	718	4	172	1	5
6	360	1	352	1	2
7	718	5	504	1	5

ZN= zona núcleo, ZSCE= zona sujeta a conservación ecológica  
Moda, Mínimo y Máximo= E (5), Me (4), M (3), L (2) y N (1)

Cuadro II.10. Estadística descriptiva de la zona de matorral en la ZN de la ZSCE Llano La Soledad.

Indicador	N	Moda	Frecuencia de la moda	Mínimo	Máximo
1	60	1	58	1	2
2	120	5	54	3	5
3	120	Múltiple	33	1	5
4	120	5	66	1	5
5	53	5	40	1	5
6	60	1	52	1	2
7	120	5	119	4	5

ZN= zona núcleo ZSCE= zona sujeta a conservación ecológica  
Moda, Mínimo y Máximo= E (5), Me (4), M (3), L (2) y N (1)



### Anexo III.- Salud del pastizal

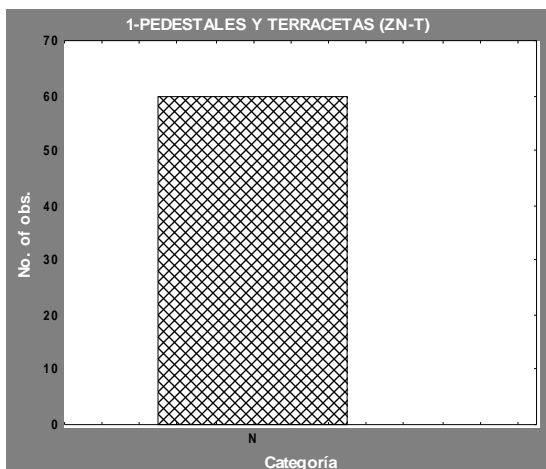


Figura III.1. Frecuencia del indicador 1 en el pastizal de la Zona Núcleo de La Trinidad (ZN-T).

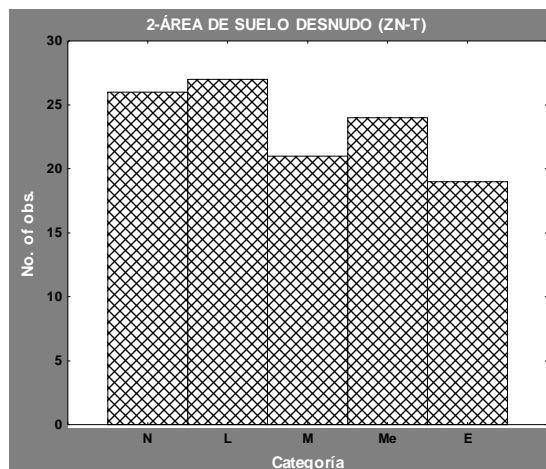


Figura III.2. Frecuencia del indicador 2 en el pastizal de la Zona Núcleo de La Trinidad (ZN-T).

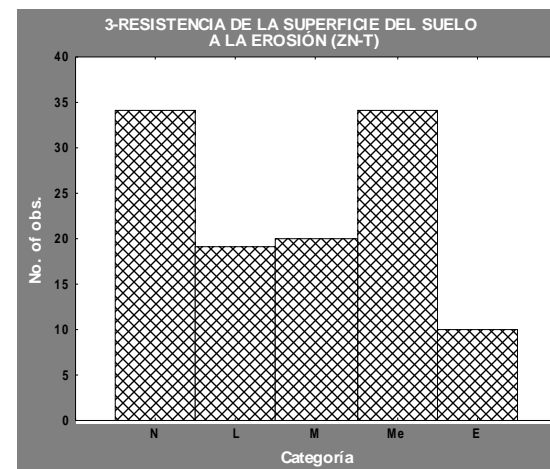
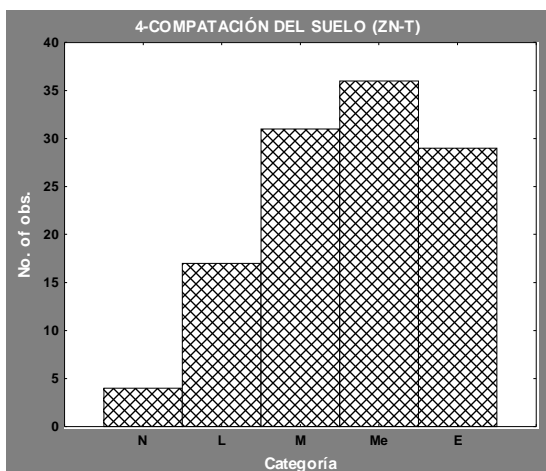
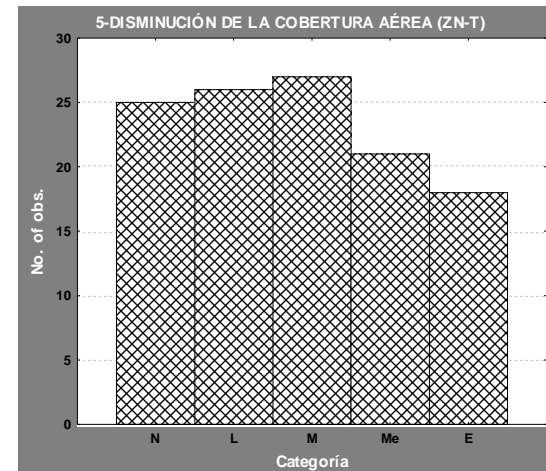


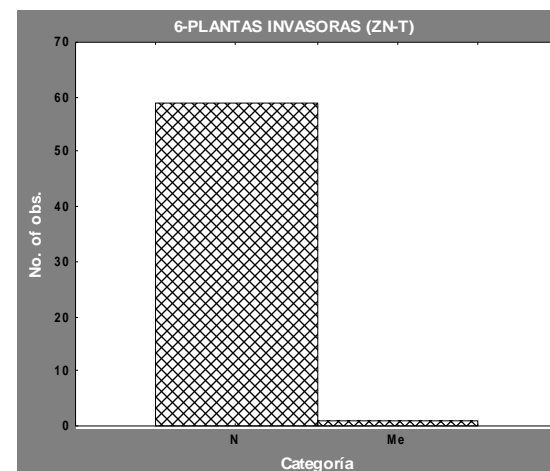
Figura III.3. Frecuencia del indicador 3 en el pastizal de la Zona Núcleo de La Trinidad (ZN-T).



Gráfica III.4. Frecuencia del indicador 4 en el pastizal de la Zona Núcleo de La Trinidad (ZN-T).



Gráfica III.5. Frecuencia del indicador 5 en el pastizal de la Zona Núcleo de La Trinidad (ZN-T).



Gráfica III.6. Frecuencia del indicador 6 en el pastizal de la Zona Núcleo de La Trinidad (ZN-T).

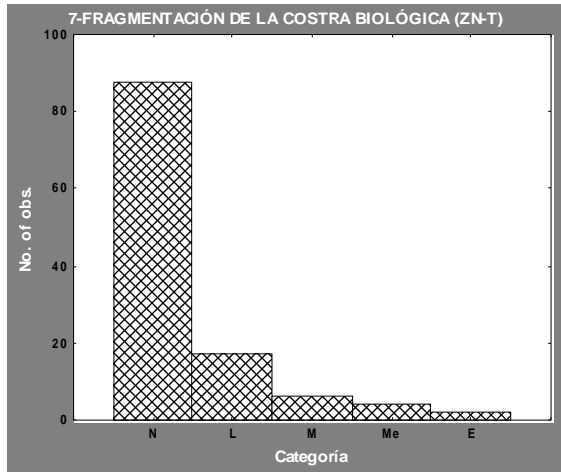


Figura III.7. Frecuencia del indicador 7 en el pastizal de la Zona Núcleo de La Trinidad (ZN-T).

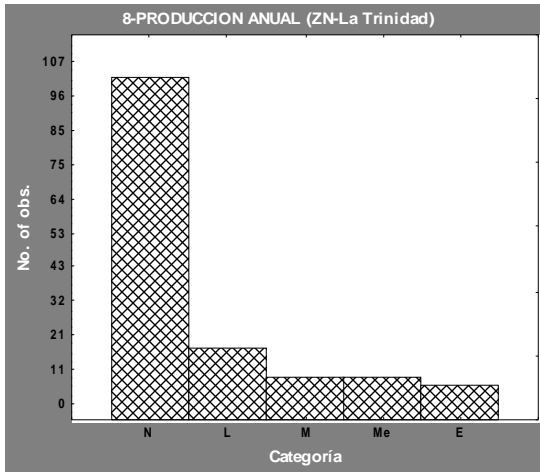


Figura III.8. Frecuencia del indicador 8 en el pastizal de la Zona Núcleo de La Trinidad (ZN-T).

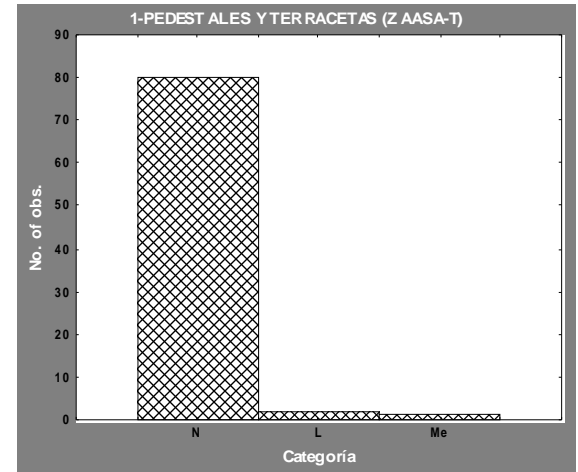


Figura III.9. Frecuencia del indicador 1 en el pastizal de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas de La Trinidad (ZAASA-T).

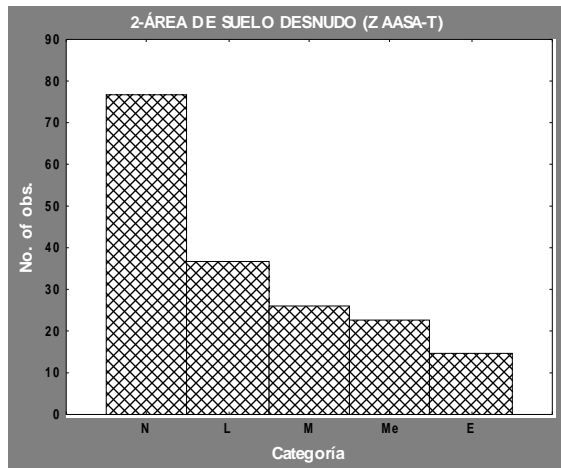


Figura III.10. Frecuencia del indicador 2 en el pastizal de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas de La Trinidad (ZAASA-T).

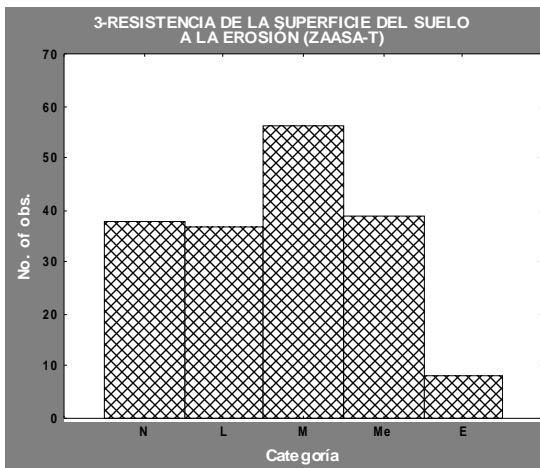


Figura III.11. Frecuencia del indicador 3 en el pastizal de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas de La Trinidad (ZAASA-T).

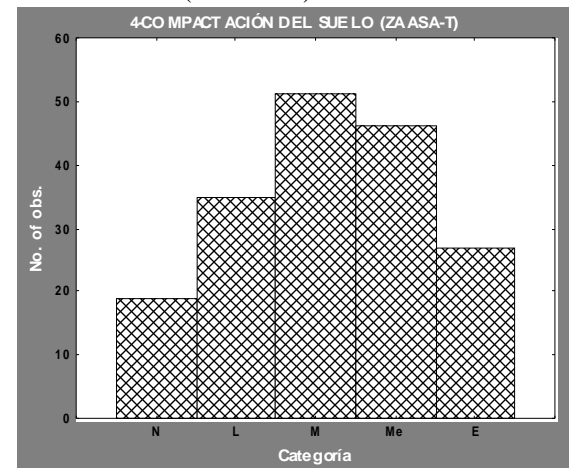


Figura III.12. Frecuencia del indicador 4 en el pastizal de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas de La Trinidad (ZAASA-T).

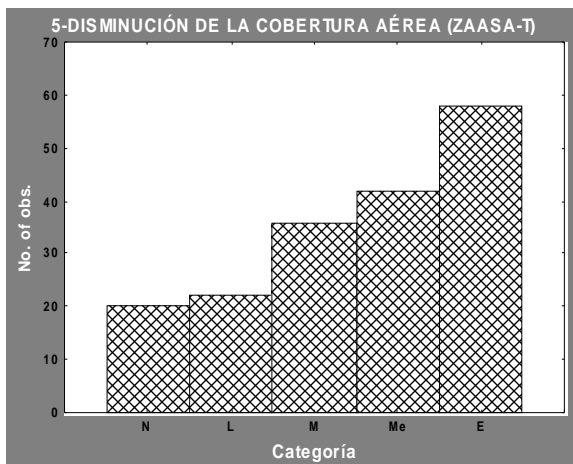


Figura III.13. Frecuencia del indicador 5 en el pastizal de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas de La Trinidad (ZAASA-T).

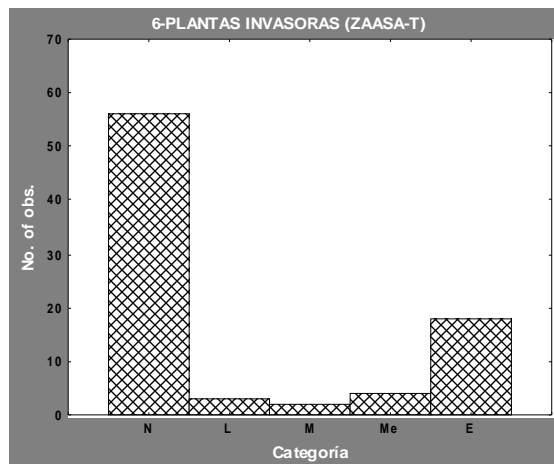


Figura III.14. Frecuencia del indicador 6 en el pastizal de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas de La Trinidad (ZAASA-T).

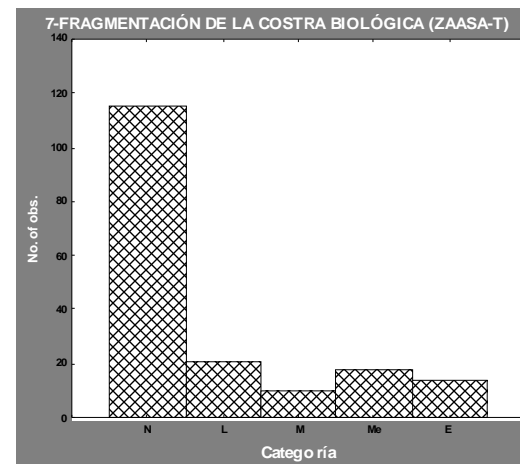


Figura III.15. Frecuencia del indicador 7 en el pastizal de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas de La Trinidad (ZAASA-T).

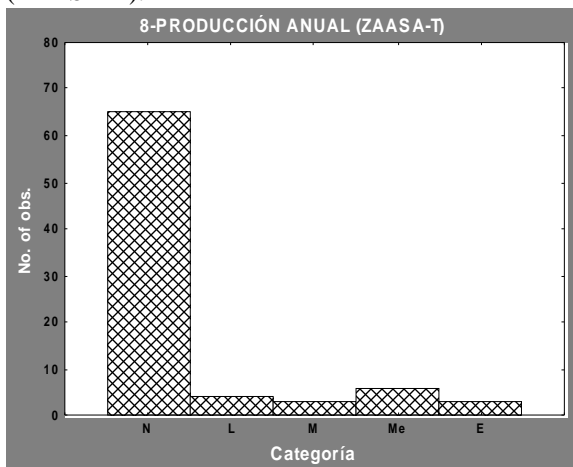


Figura III.16. Frecuencia del indicador 8 en el pastizal de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas de La Trinidad (ZAASA-T).

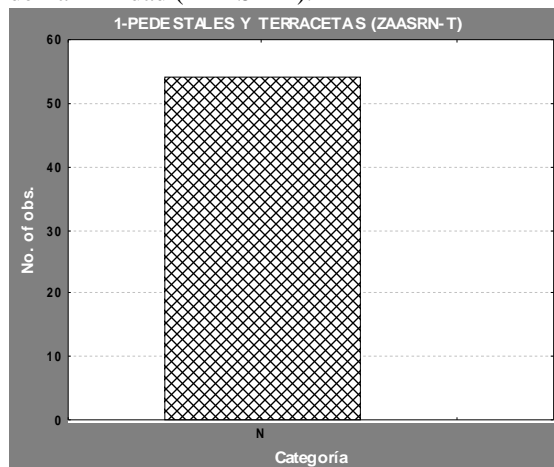


Figura III.17. Frecuencia del indicador 1 en el pastizal de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales de La Trinidad (ZAASRN-T).

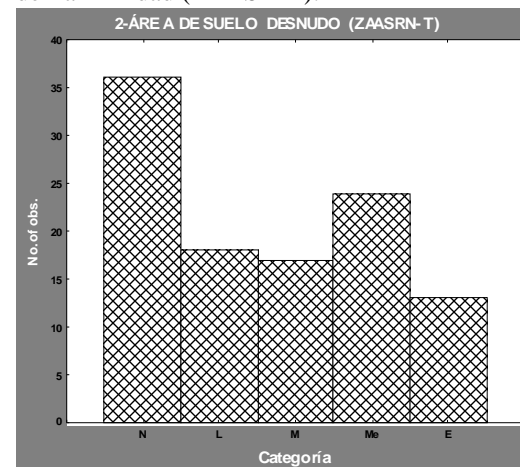


Figura III.18. Frecuencia del indicador 2 en el pastizal de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales de La Trinidad (ZAASRN-T).

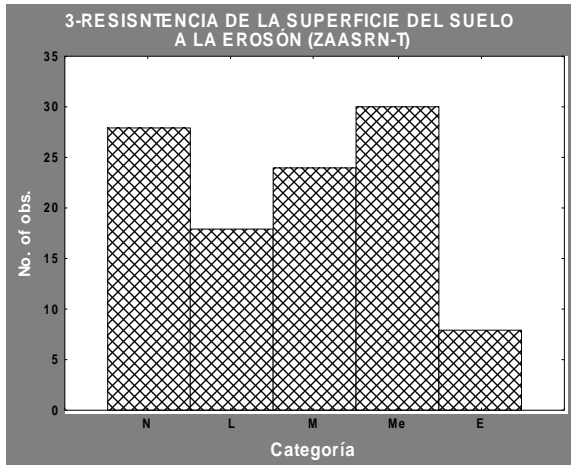


Figura III.19. Frecuencia del indicador 3 en el pastizal de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales de La Trinidad (ZAASRN-T).

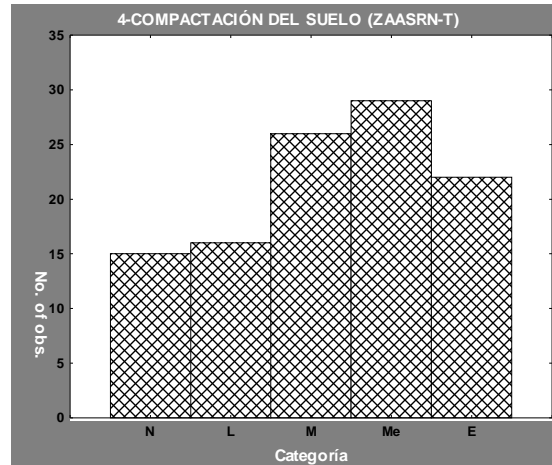


Figura III.20. Frecuencia del indicador 4 en el pastizal de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales de La Trinidad (ZAASRN-T).

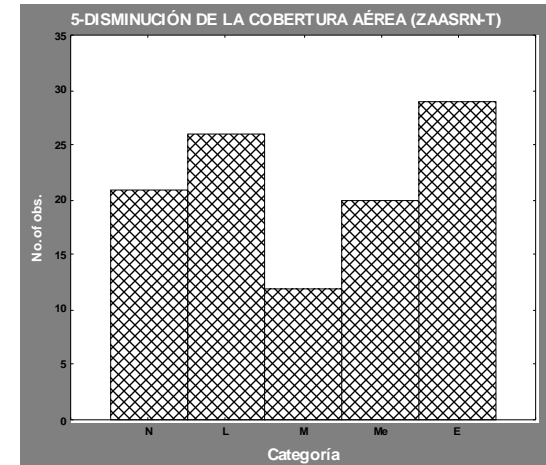


Figura III.21. Frecuencia del indicador 5 en el pastizal de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas de La Trinidad (ZAASA-T).

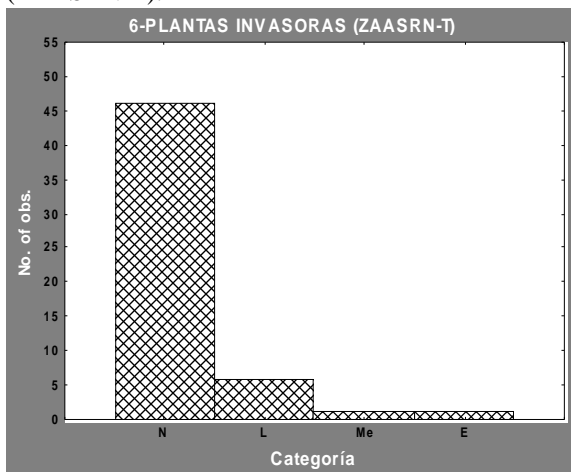


Figura III.22. Frecuencia del indicador 6 en el pastizal de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas de La Trinidad (ZAASA-T).

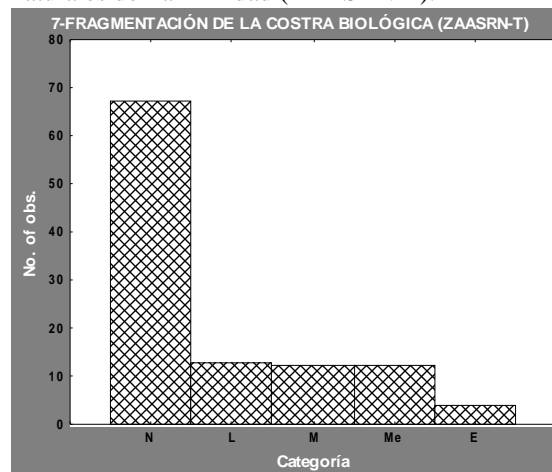


Figura III.23. Frecuencia del indicador 7 en el pastizal de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales de La Trinidad (ZAASRN-T).

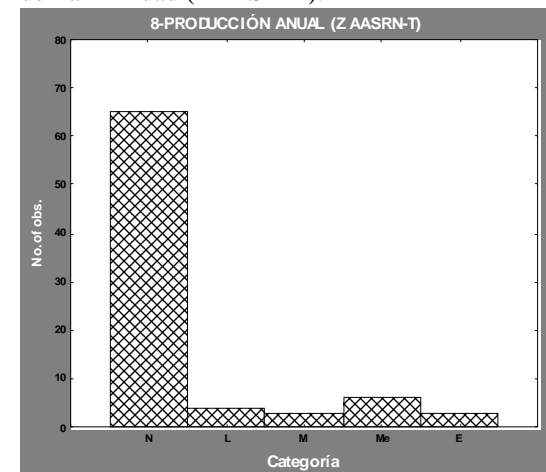


Figura III.24. Frecuencia del indicador 8 en el pastizal de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales de La Trinidad (ZAASRN-T).

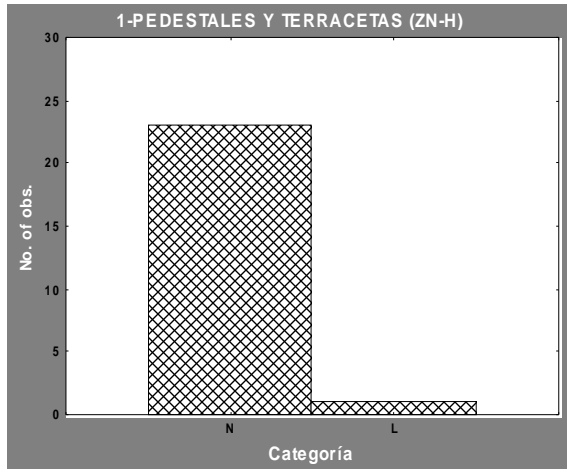


Figura III.25. Frecuencia del indicador 1 en el pastizal de la Zona Núcleo de La Hediondilla (ZN-H).

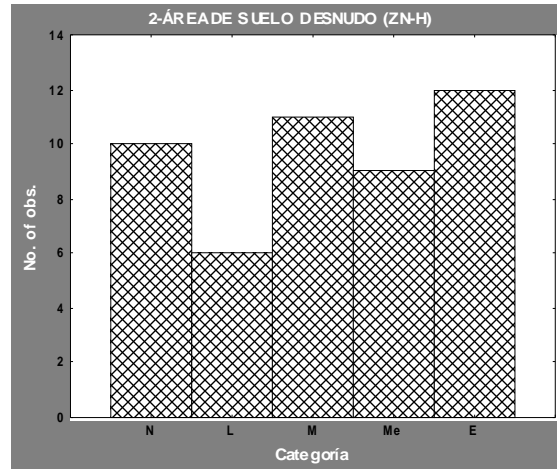


Figura III.26. Frecuencia del indicador 2 en el pastizal de la Zona Núcleo de La Hediondilla (ZN-H).

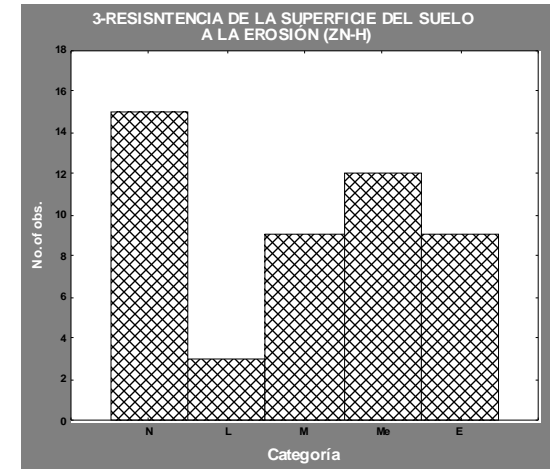


Figura III.27. Frecuencia del indicador 3 en el pastizal de la Zona Núcleo de La Hediondilla (ZN-H).

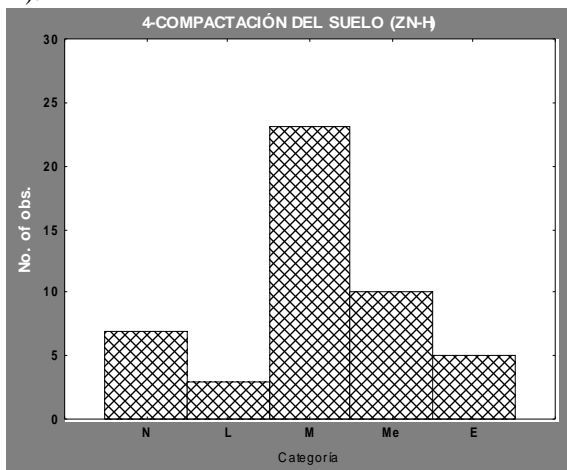


Figura III.28. Frecuencia del indicador 4 en el pastizal de la Zona Núcleo de La Hediondilla (ZN-H).

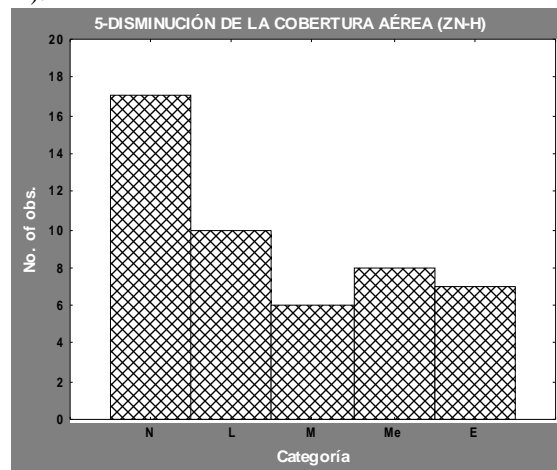


Figura III.29. Frecuencia del indicador 5 en el pastizal de la Zona Núcleo de La Hediondilla (ZN-H).

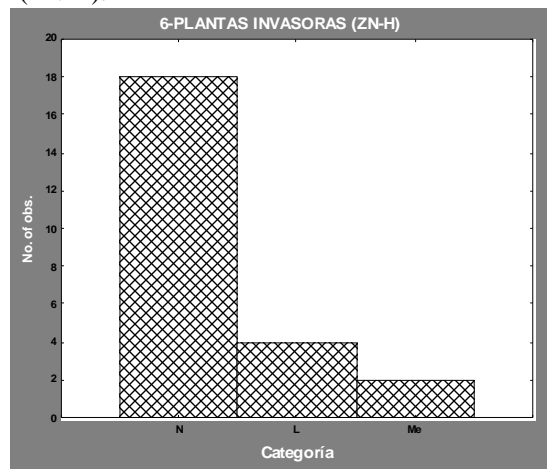


Figura III.30. Frecuencia del indicador 6 en el pastizal de la Zona Núcleo de La Hediondilla (ZN-H).

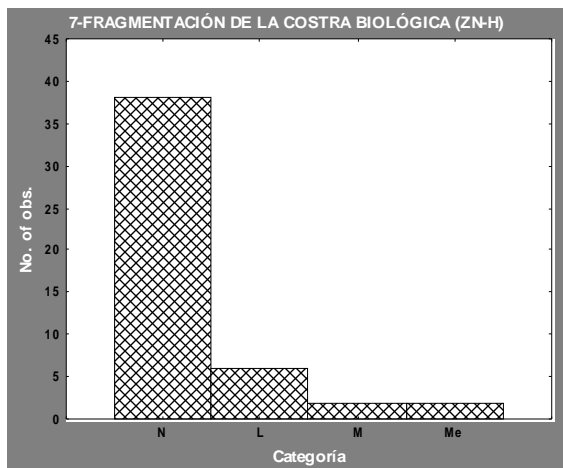


Figura III.31. Frecuencia del indicador 7 en el pastizal de la Zona Núcleo de La Hediondilla (ZN-H).

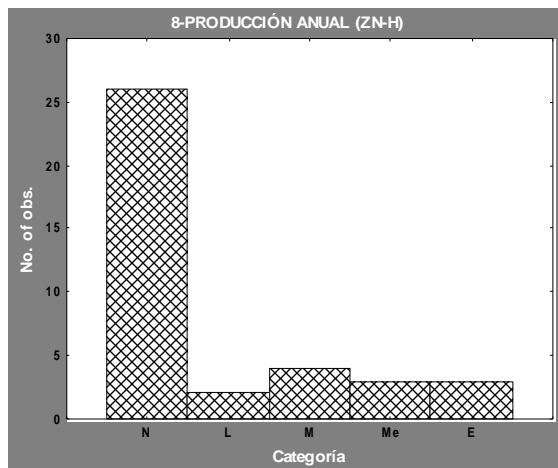


Figura III.32. Frecuencia del indicador 8 en el pastizal de la Zona Núcleo de La Hediondilla (ZN-H).

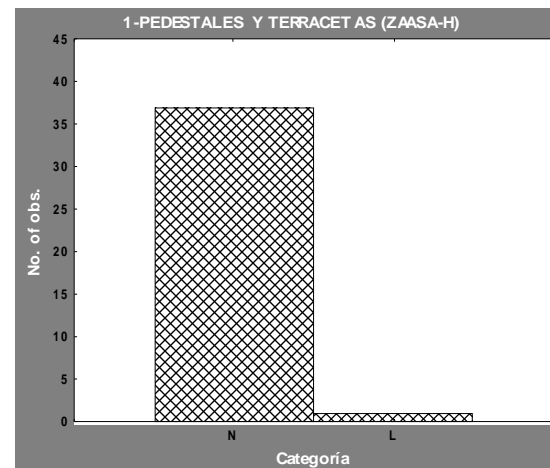


Figura III.33. Frecuencia del indicador 1 en el pastizal de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas de La Hediondilla (ZAASA-H).

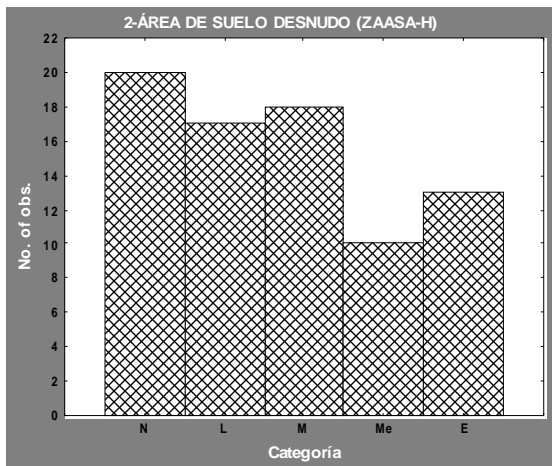


Figura III.34. Frecuencia del indicador 2 en el pastizal de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas de La Hediondilla (ZAASA-H).

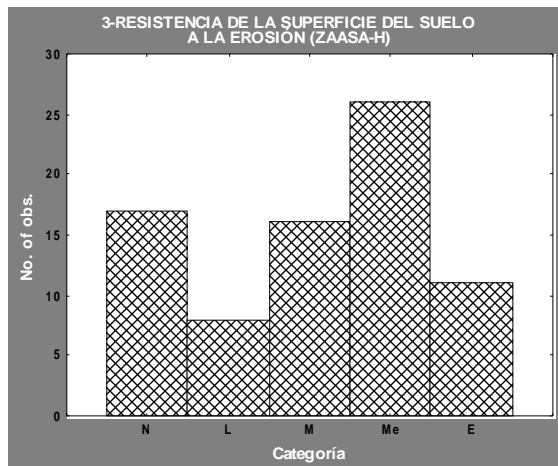


Figura III.35. Frecuencia del indicador 3 en el pastizal de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas de a Hediondilla (ZAASA-H).

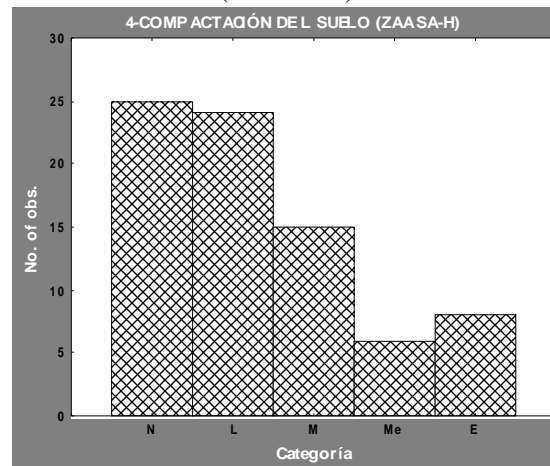


Figura III.36. Frecuencia del indicador 4 en el pastizal de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas de La Hediondilla (ZAASA-H).

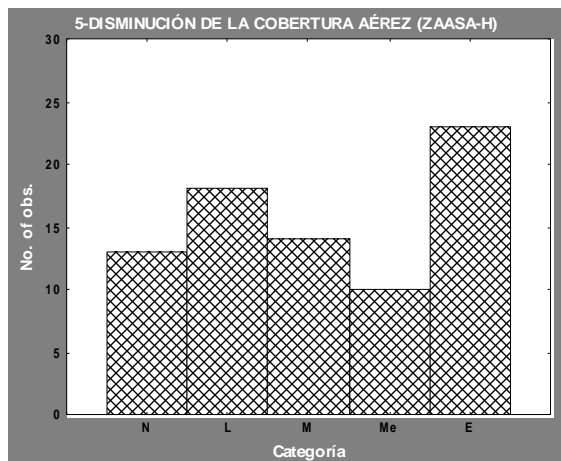


Figura III.37. Frecuencia del indicador 5 en el pastizal de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas de La Hediondilla (ZAASA-H).

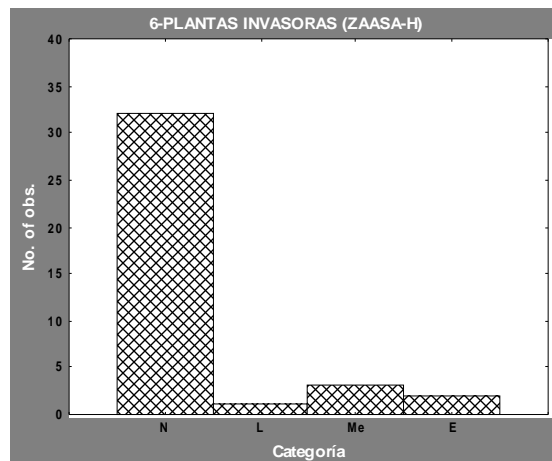


Figura III.38. Frecuencia del indicador 6 en el pastizal de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas de La Hediondilla (ZAASA-H).

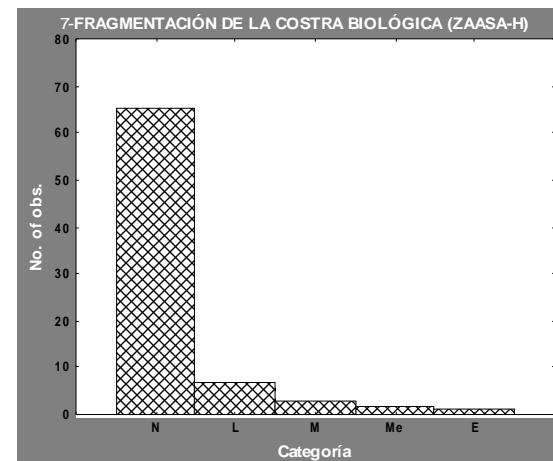


Figura III.39. Frecuencia del indicador 7 en el pastizal de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas de La Hediondilla (ZAASA-H).

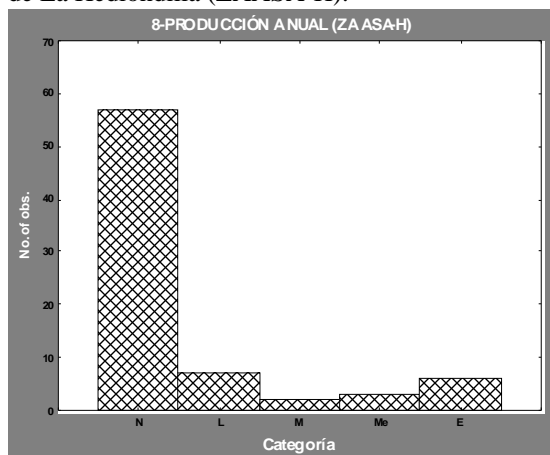


Figura III.40. Frecuencia del indicador 8 en el pastizal de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas de La Hediondilla (ZAASA-H).

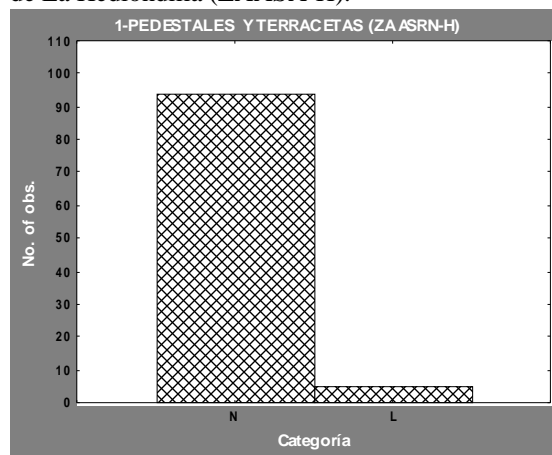


Figura III.41. Frecuencia del indicador 1 en el pastizal de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales de La Hediondilla (ZAASRN-H).

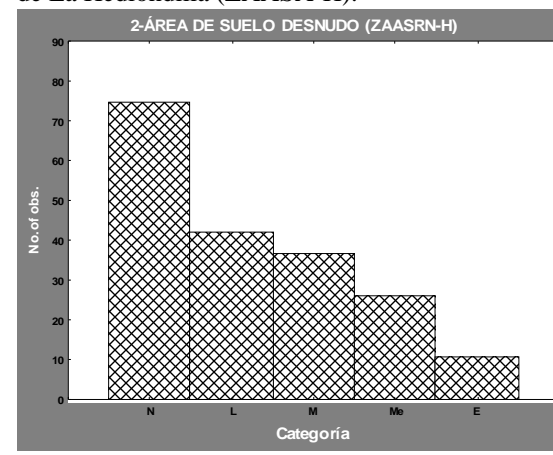


Figura III.42. Frecuencia del indicador 2 en el pastizal de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales de La Hediondilla (ZAASRN-H).

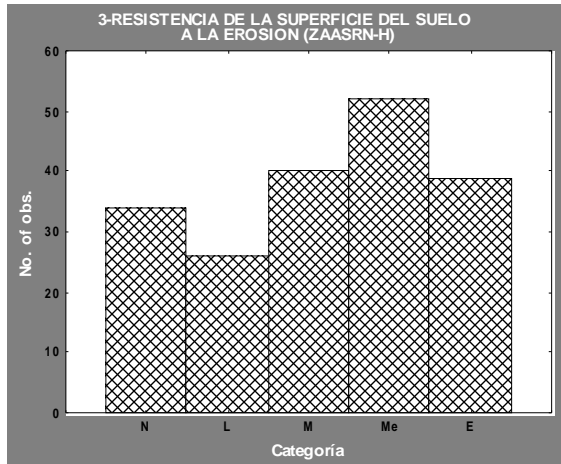


Figura III.43. Frecuencia del indicador 3 en el pastizal de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales de La Hediondilla (ZAASRN-H).

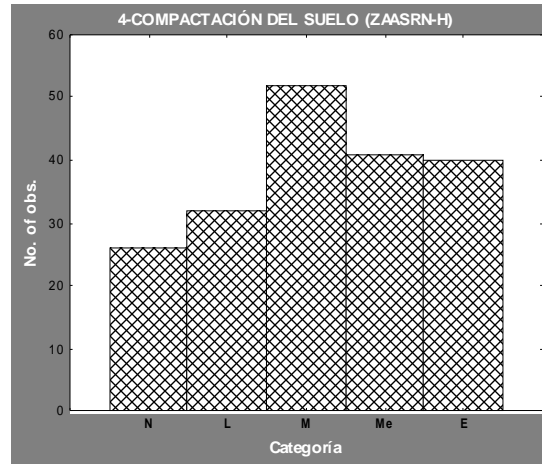


Figura III.44. Frecuencia del indicador 4 en el pastizal de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales de La Hediondilla (ZAASRN-H).

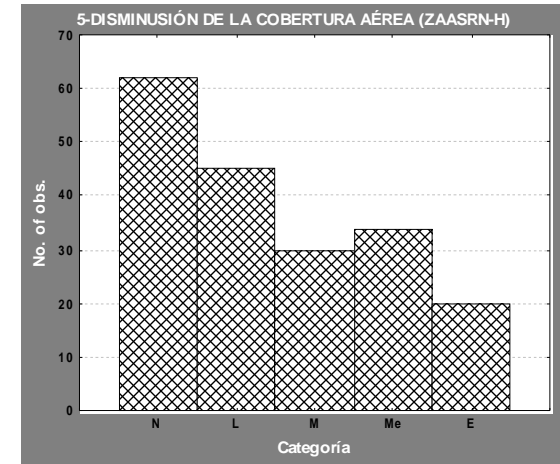


Figura III.45. Frecuencia del indicador 5 en el pastizal de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales de La Hediondilla (ZAASRN-H).

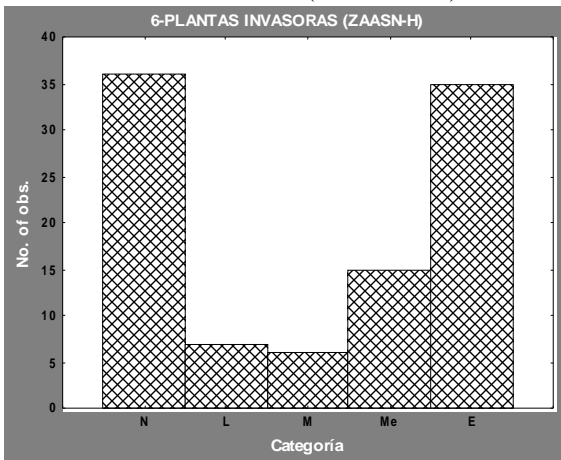


Figura III.46. Frecuencia del indicador 6 en el pastizal de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales de La Hediondilla (ZAASRN-H).

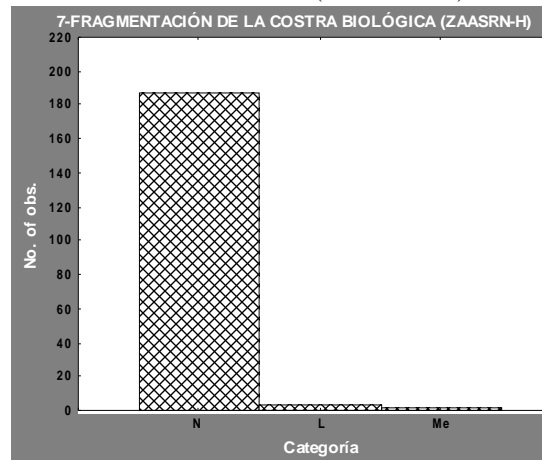


Figura III.47. Frecuencia del indicador 7 en el pastizal de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales de La Hediondilla (ZAASRN-H).

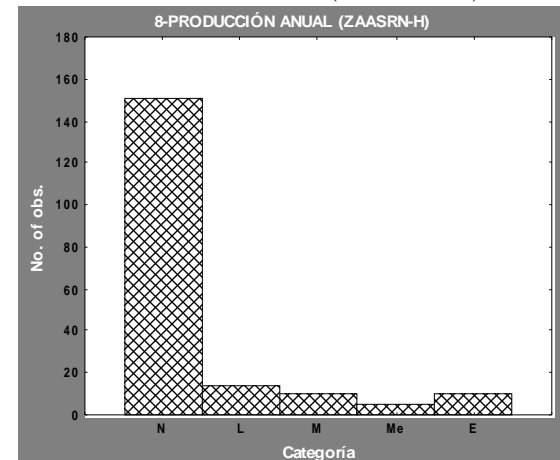


Figura III.48. Frecuencia del indicador 8 en el pastizal de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales de La Hediondilla (ZAASRN-H).



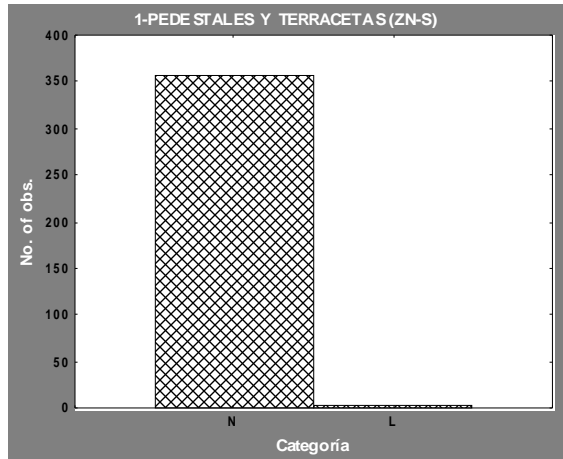


Figura III.49. Frecuencia del indicador 1 en el pastizal de la Zona Núcleo del Llano La Soledad (ZN-S).

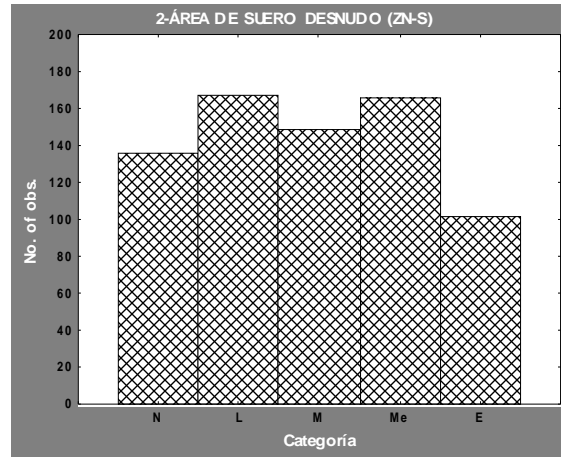


Figura III.50. Frecuencia del indicador 2 en el pastizal de la Zona Núcleo del Llano La Soledad (ZN-S).

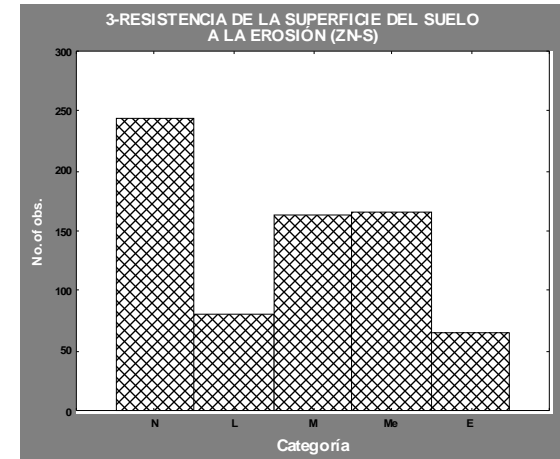


Figura III.51. Frecuencia del indicador 3 en el pastizal de la Zona Núcleo del Llano La Soledad (ZN-S).

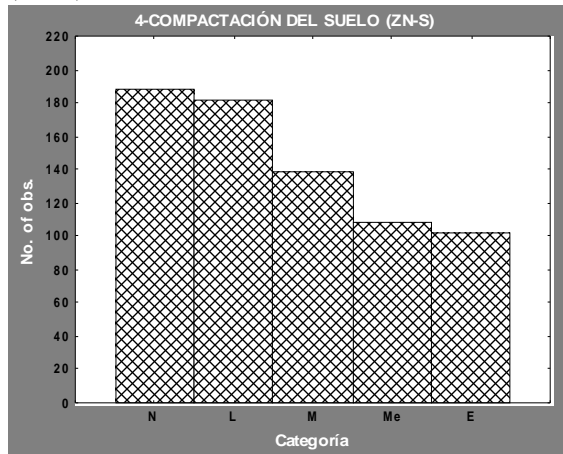


Figura III.52. Frecuencia del indicador 4 en el pastizal de la Zona Núcleo del Llano La Soledad (ZN-S).

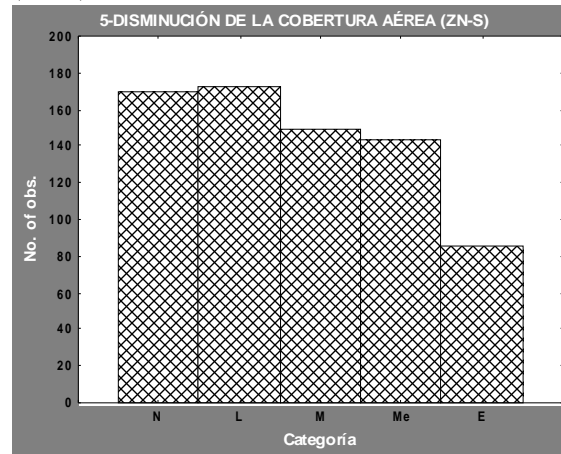


Figura III.53. Frecuencia del indicador 5 en el pastizal de la Zona Núcleo del Llano La Soledad (ZN-S).

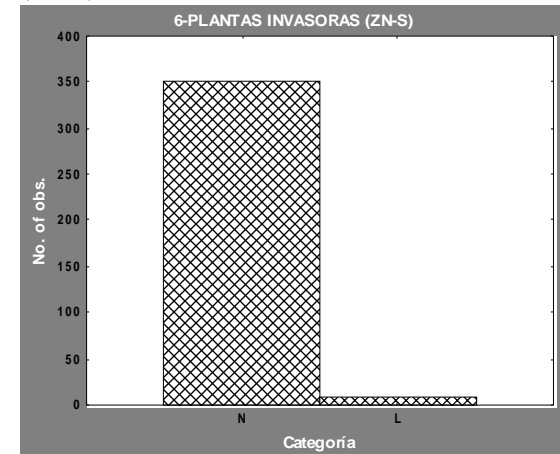


Figura III.54. Frecuencia del indicador 6 en el pastizal de la Zona Núcleo del Llano La Soledad (ZN-S).

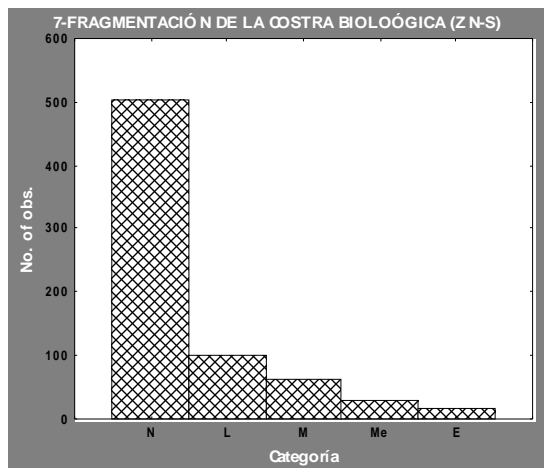


Figura III.55. Frecuencia del indicador 7 en el pastizal de la Zona Núcleo del Llano La Soledad (ZN-S).

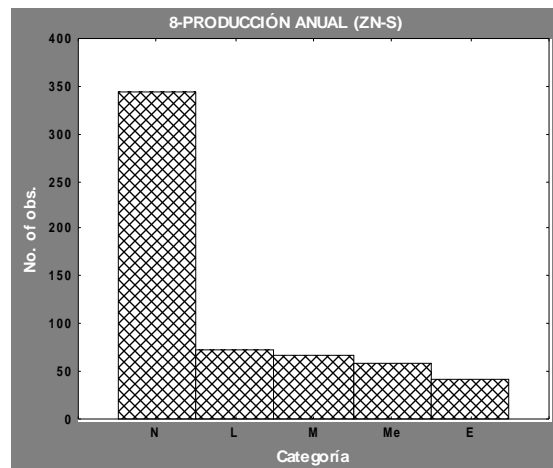


Figura III.56. Frecuencia del indicador 8 en el pastizal de la Zona Núcleo del Llano La Soledad (ZN-S).

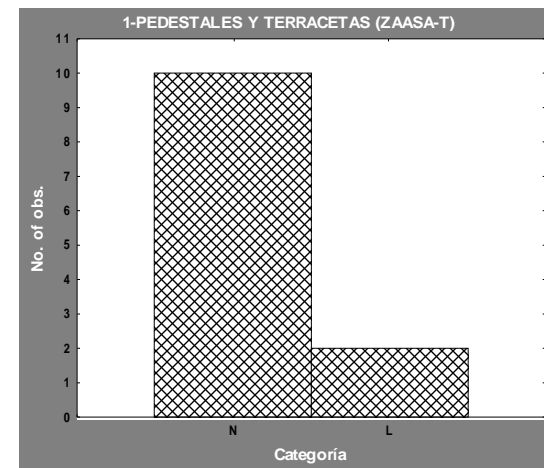


Figura III.57. Frecuencia del indicador 1 en el matorral de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas de La Trinidad (ZAASA-T).

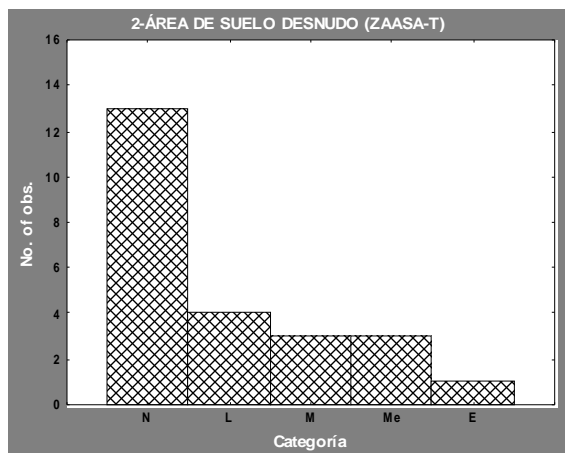


Figura III.58. Frecuencia del indicador 2 en el matorral de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas de La Trinidad (ZAASA-T).

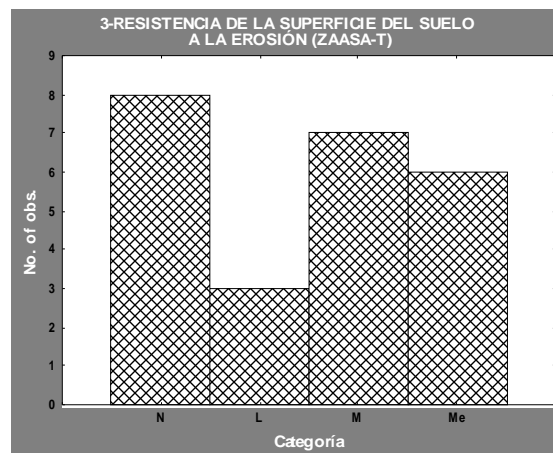


Figura III.59. Frecuencia del indicador 3 en el matorral de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas de La Trinidad (ZAASA-T).

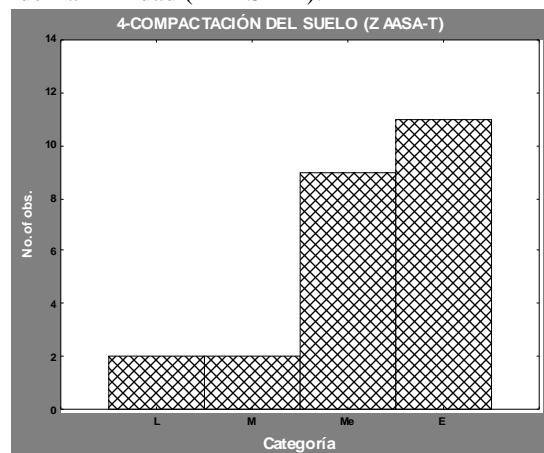


Figura III.60. Frecuencia del indicador 4 en el matorral de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas de La Trinidad (ZAASA-T).

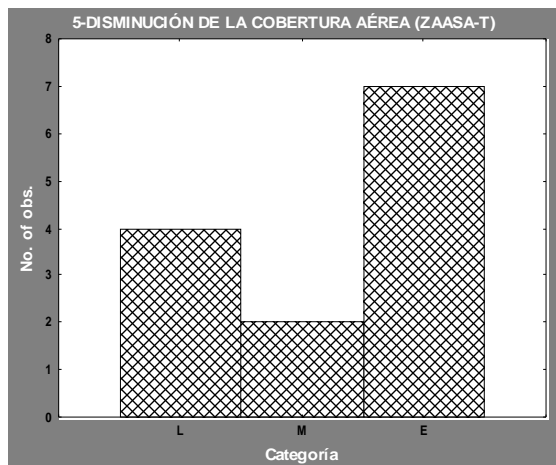


Figura III.61. Frecuencia del indicador 5 en el matorral de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas de La Trinidad (ZAASA-T).

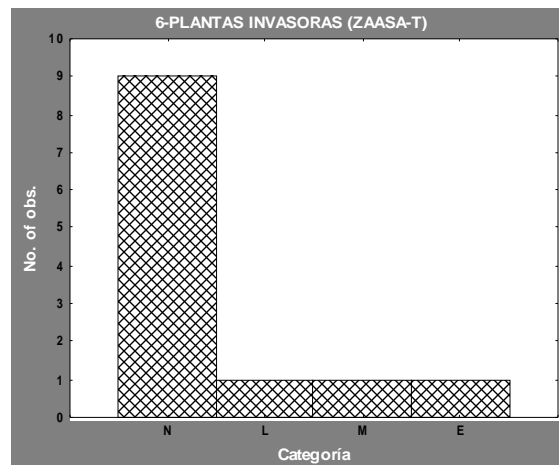


Figura III.62. Frecuencia del indicador 6 en el matorral de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas de La Trinidad (ZAASA-T).

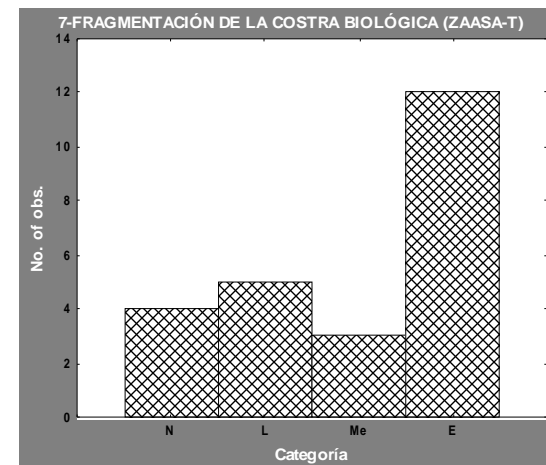


Figura III.63. Frecuencia del indicador 7 en el matorral de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas de La Trinidad (ZAASA-T).

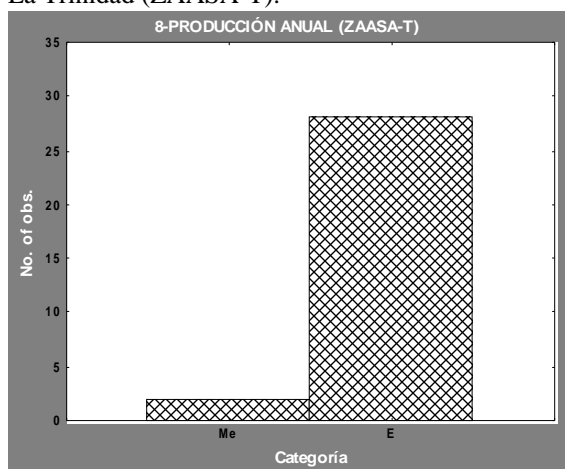


Figura III.64. Frecuencia del indicador 8 en el matorral de la zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas de La Trinidad (ZAASA-T).

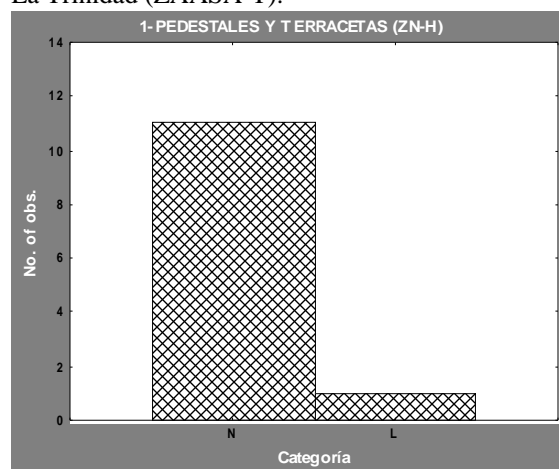


Figura III.65. Frecuencia del indicador 1 en el matorral de la Zona Núcleo de La Hediondilla (ZN-H).

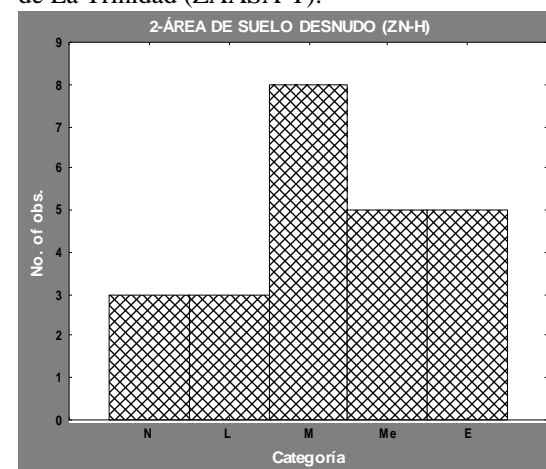


Figura III.66. Frecuencia del indicador 2 en el matorral de la Zona Núcleo de La Hediondilla (ZN-H).

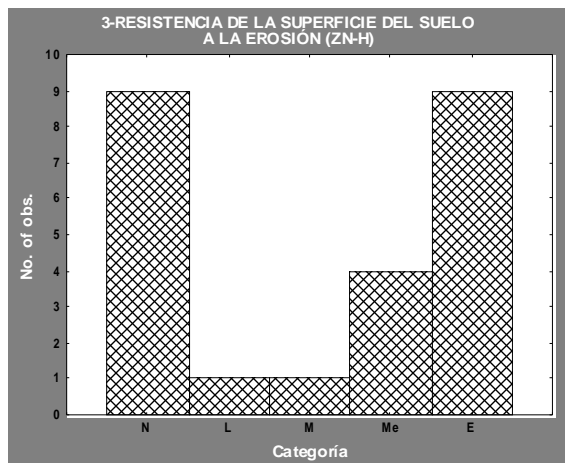


Figura III.67. Frecuencia del indicador 3 en el matorral de la Zona Núcleo de La Hediondilla (ZN-H).

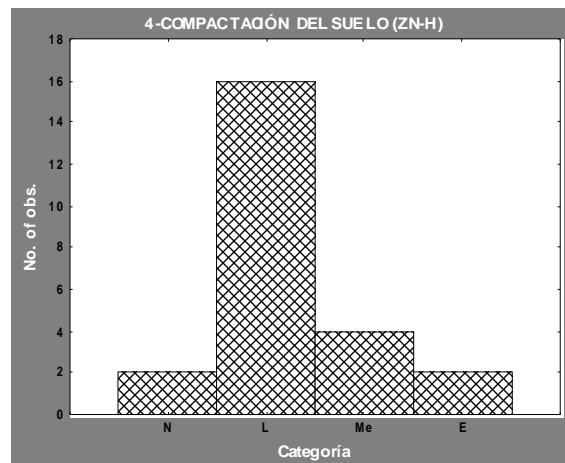


Figura III.68. Frecuencia del indicador 4 en el matorral de la Zona Núcleo de La Hediondilla (ZN-H).



Figura III.69. Frecuencia del indicador 5 en el matorral de la Zona Núcleo de La Hediondilla (ZN-H).

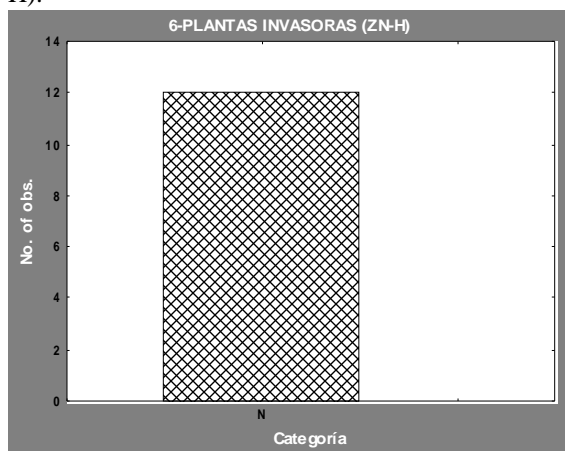


Figura III.70. Frecuencia del indicador 6 en el matorral de la Zona Núcleo de La Hediondilla (ZN-H).

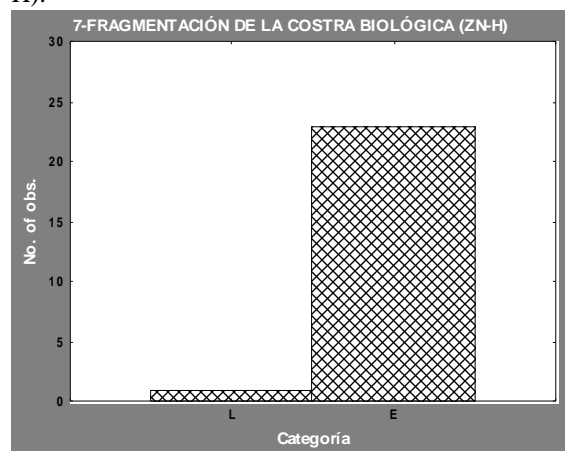


Figura III.71. Frecuencia del indicador 7 en el matorral de la Zona Núcleo de La Hediondilla (ZN-H).



Figura III.72. Frecuencia del indicador 8 en el matorral de la Zona Núcleo de La Hediondilla (ZN-H).

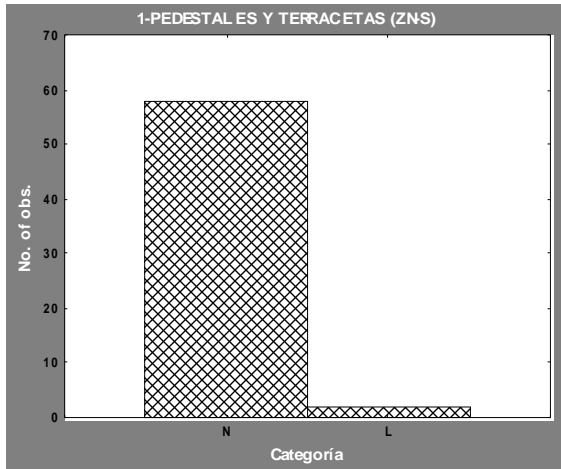


Figura III.73. Frecuencia del indicador 1 en el matorral de la Zona Núcleo del Llano La Soledad (ZN-S).

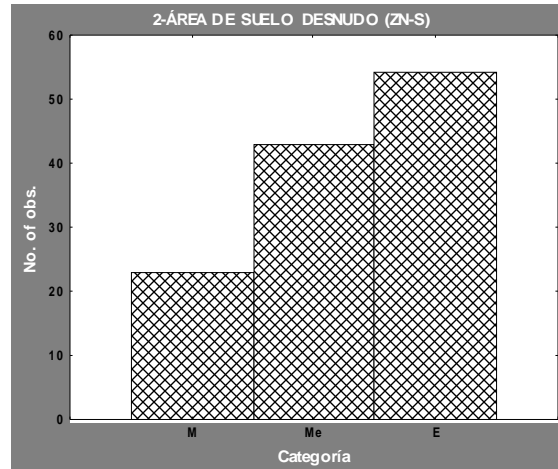


Figura III.74. Frecuencia del indicador 2 en el matorral de la Zona Núcleo del Llano La Soledad (ZN-S).

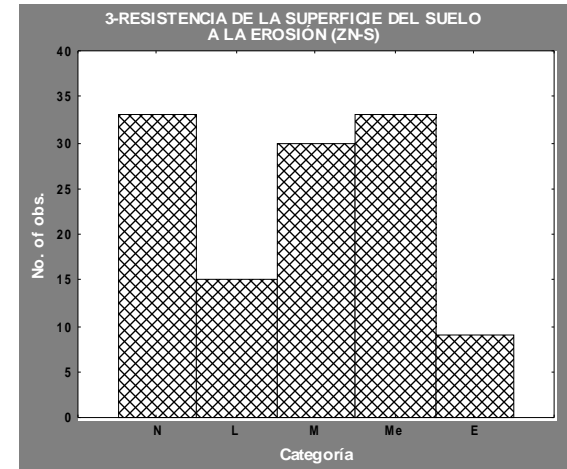


Figura III.75. Frecuencia del indicador 3 en el matorral de la Zona Núcleo del Llano La Soledad (ZN-S).

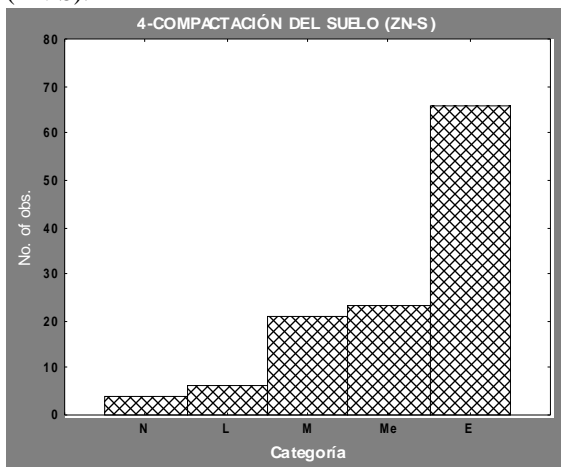


Figura III.76. Frecuencia del indicador 4 en el matorral de la Zona Núcleo del Llano La Soledad (ZN-S).

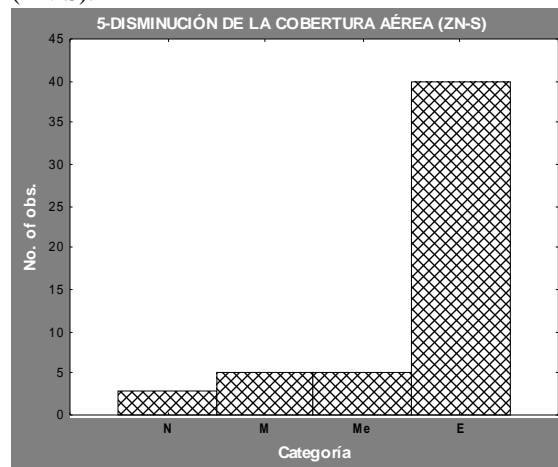


Figura III.77. Frecuencia del indicador 5 en el matorral de la Zona Núcleo del Llano La Soledad (ZN-S).

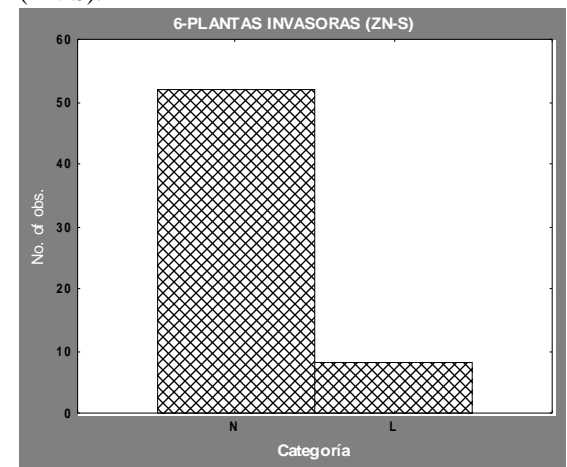


Figura III.78. Frecuencia del indicador 6 en el matorral de la Zona Núcleo del Llano La Soledad (ZN-S).

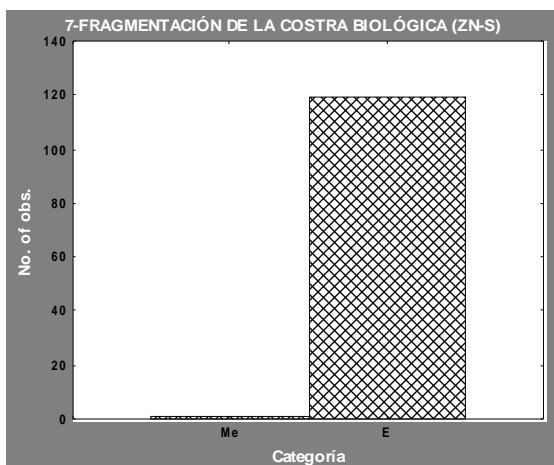


Figura III.79. Frecuencia del indicador 7 en el matorral de la Zona Núcleo del Llano La Soledad (ZN-S).

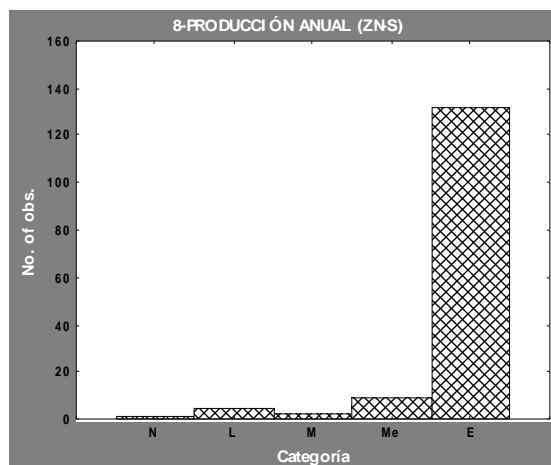


Figura III.80. Frecuencia del indicador 8 en el matorral de la Zona Núcleo del Llano La Soledad (ZN-S).

## Anexo IV.- Salud del pastizal

Cuadro IV.1. **Parte 1. Formato resumido para evaluación la Salud del Pastizal**

<i>Parte 1. Evaluación de la Salud del Pastizal: La Trinidad</i>	
<b>Estado</b>	<u>Nuevo León</u>
<b>Localización</b>	<u>RTP El Tokio, Mpio. Galeana, N.L.</u>
<b>Tamaño del área</b>	<u>3282.6 ha</u>
<b>Fotos tomadas</b>	<u>si</u>
<b>Observador</b>	<u>Elisa P. Zaragoza Quintana</u>
<b>Fecha</b>	<u>febrero 2010-enero 2011</u>
<b>Sitio ecológico</b>	<u>La Trinidad</u>
<b>Pendiente</b>	<u>0%</u>
<b>Precipitación anual</b>	<u>300mm</u>
<b>Clima reciente (ultimo dos años)</b>	<u>sequía</u>
<b>Describe influencias fuera del área dentro del área de interes</b>	<u>el sitio se encuentra rodeado de asentamientos humanos, de áreas cultivadas así como de caminos de terracería y carreteras federales</u>

Cuadro IV.2. **Tabla de categoría de los indicadores para la Zona Núcleo de La Trinidad**

<b>Parte 2. Tabla de categoría de los indicadores para la Zona Núcleo de La Trinidad</b> (Atributo S= estabilidad de suelo/sitio, H= funcionalidad hidrológica y B= integridad biótica).						
Atributo	Indicadores	Extrema	Media	Moderada	Ligera	Nula
SH	1. Pedestales y/o terracetas					⌋
SH	2. Área de suelo desnudo				⌋	
SHB	3. Resistencia de la superficie del suelo a la erosión		⌋			
SHB	4. Compactación del suelo		⌋			
SHB	5. Disminución de la cobertura aérea			⌋		

<b>Parte 2. Tabla de categoría de los indicadores para la Zona Núcleo de La Trinidad</b> (Atributo S= estabilidad de suelo/sitio, H= funcionalidad hidrológica y B= integridad biótica).						
<i>Atributo</i>	<i>Indicadores</i>	<i>Extrema</i>	<i>Media</i>	<i>Moderada</i>	<i>Ligera</i>	<i>Nula</i>
B	6.Plantas invasoras					┆
SHB	7.Fragmentación de la costra biológica	┆				
B	8-Producción anual					┆

Cuadro IV.3. **Resumen de indicadores correspondientes a la Zona Núcleo de La Trinidad**

<b>Parte 3a. Resumen de indicadores correspondientes a la Zona Núcleo de La Trinidad</b>						
<i>Atributos de la salud del pastizal</i>	<i>Extrema</i>	<i>Media</i>	<i>Moderada</i>	<i>Ligera</i>	<i>Nula</i>	$\Sigma$
S= Estabilidad del Suelo/Sitio (indicadores 1-5 y 7)	┆	┆	┆	┆	┆┆	N
H= Funcionalidad Hidrológica (indicadores 1-5 y 7)	┆	┆┆		┆	┆┆	N, Me
B= Integridad Biótica (indicadores 3-8)	┆	┆			┆┆┆	N

Cuadro IV.4. **Resumen de atributos de la Zona Núcleo de La Trinidad**

<b>Parte 3b. Resumen de atributos de la Zona Núcleo de La Trinidad</b>					
<i>Atributo</i>	<i>E</i>	<i>Me</i>	<i>M</i>	<i>L</i>	<i>N</i>
Estabilidad del Suelo/Sitio					┆
Funcionalidad Hidrológica		┆			┆
Integridad Biótica					┆

N= Nula (esperado, adecuado)

L= Ligera (evidencia de ligera modificación)

M= Moderada (afectado en sus capacidades)

Me= Media (altamente reducida)

E= Extrema (severamente modificada su capacidad)

Cuadro IV.5. **Tabla de categoría de los indicadores para la ZAASA de La Trinidad**

<b>Parte 2. Tabla de categoría de los indicadores para la ZAASA de La Trinidad</b> (Atributo S= estabilidad de suelo/sitio, H= funcionalidad hidrológica y B= integridad biótica).						
<i>Atributo</i>	<i>Indicadores</i>	<i>Extrema</i>	<i>Media</i>	<i>Moderada</i>	<i>Ligera</i>	<i>Nula</i>
SH	1.Pedestales y/o terracetas					┆
SH	2.Área de suelo desnudo					┆
SHB	3.Resistencia de la superficie del suelo a la erosión			┆		

<b>Parte 2. Tabla de categoría de los indicadores para la ZAASA de La Trinidad</b> (Atributo S= estabilidad de suelo/sitio, H= funcionalidad hidrológica y B= integridad biótica).						
<i>Atributo</i>	<i>Indicadores</i>	<i>Extrema</i>	<i>Media</i>	<i>Moderada</i>	<i>Ligera</i>	<i>Nula</i>
SHB	4.Compactación del suelo			┆		
SHB	5.Disminución de la cobertura aérea					┆
B	6.Plantas invasoras					┆
SHB	7.Fragmentación de la costra biológica	┆				
B	8-Producción anual					┆

Cuadro IV.6. **Resumen de indicadores correspondientes a la ZAASA de La Trinidad**

<b>Parte 3a. Resumen de indicadores correspondientes a la ZAASA de La Trinidad</b>						
<i>Atributos de la salud del pastizal</i>	<i>Extrema</i>	<i>Media</i>	<i>Moderada</i>	<i>Ligera</i>	<i>Nula</i>	$\Sigma$
S= Estabilidad del Suelo/Sitio (indicadores 1-5 y 7)	┆		┆		┆┆┆	N
H= Funcionalidad Hidrológica (indicadores 1-5 y 7)	┆		┆┆		┆┆┆	N
B= Integridad Biótica (indicadores 3-8)	┆		┆		┆┆┆	N

Cuadro IV.7. **Resumen de atributos de la ZAASA de La Trinidad**

<b>Parte 3b. Resumen de atributos de la ZAASA de La Trinidad</b>					
<i>Atributo</i>	<i>E</i>	<i>Me</i>	<i>M</i>	<i>L</i>	<i>N</i>
Estabilidad del Suelo/Sitio					┆
Funcionalidad Hidrológica					┆
Integridad Biótica					┆

N= Nula (esperado, adecuado)

L= Ligera (evidencia de ligera modificación)

M= Moderada (afectado en sus capacidades)

Me= Media (altamente reducida)

E= Extrema (severamente modificada su capacidad)



**Cuadro IV.8. Tabla de categoría de los indicadores para la ZAASRN de La Trinidad**

<b>Parte 2. Tabla de categoría de los indicadores para la ZAASRN de La Trinidad</b> (Atributo S= estabilidad de suelo/sitio, H= funcionalidad hidrológica y B= integridad biótica).						
<i>Atributo</i>	<i>Indicadores</i>	<i>Extrema</i>	<i>Media</i>	<i>Moderada</i>	<i>Ligera</i>	<i>Nula</i>
SH	1.Pedestales y/o terracetas					┆
SH	2.Área de suelo desnudo					┆
SHB	3.Resistencia de la superficie del suelo a la erosión		┆			
SHB	4.Compactación del suelo		┆			
SHB	5.Disminución de la cobertura aérea					┆
B	6.Plantas invasoras					┆
SHB	7.Fragmentación de la costra biológica	┆				
B	8-Producción anual					┆

**Cuadro IV.9. Resumen de indicadores correspondientes a la ZAASRN de La Trinidad**

<b>Parte 3a. Resumen de indicadores correspondientes a la ZAASRN de La Trinidad</b>						
<i>Atributos de la salud del pastizal</i>	<i>Extrema</i>	<i>Media</i>	<i>Moderada</i>	<i>Ligera</i>	<i>Nula</i>	$\Sigma$
S= Estabilidad del Suelo/Sitio (indicadores 1-5 y 7)	┆	┆			┆┆┆	N
H= Funcionalidad Hidrológica (indicadores 1-5 y 7)	┆	┆┆			┆┆┆	N
B= Integridad Biótica (indicadores 3-8)	┆	┆			┆┆┆	N

**Cuadro IV.10. Resumen de atributos de la ZAASRN de La Trinidad**

<b>Parte 3b. Resumen de atributos de la ZAASRN de La Trinidad</b>					
<i>Atributo</i>	<i>E</i>	<i>Me</i>	<i>M</i>	<i>L</i>	<i>N</i>
Estabilidad del Suelo/Sitio					┆
Funcionalidad Hidrológica					┆
Integridad Biótica					┆

N= Nula (esperado, adecuado)

L= Ligera (evidencia de ligera modificación)

M= Moderada (afectado en sus capacidades)

Me= Media (altamente reducida)

E= Extrema (severamente modificada su capacidad)

Cuadro IV.11. **Tabla de categoría de los indicadores para la salud del matorral en la ZAASA de La Trinidad**

<b>Parte 2. Tabla de categoría de los indicadores para la salud del matorral en la ZAASA de La Trinidad</b> (Atributo S= estabilidad de suelo/sitio, H= funcionalidad hidrológica y B= integridad biótica).						
<i>Atributo</i>	<i>Indicadores</i>	<i>Extrema</i>	<i>Media</i>	<i>Moderada</i>	<i>Ligera</i>	<i>Nula</i>
SH	1.Pedestales y/o terracetas					⚡
SH	2.Área de suelo desnudo					⚡
SHB	3.Resistencia de la superficie del suelo a la erosión					⚡
SHB	4.Compactación del suelo	⚡				
SHB	5.Disminución de la cobertura aérea	⚡				
B	6.Plantas invasoras					⚡
SHB	7.Fragmentación de la costra biológica	⚡				
B	8-Producción anual	⚡				

Cuadro IV.12. **Resumen de indicadores correspondientes a la salud del matorral de la ZAASA de La Trinidad**

<b>Parte 3a. Resumen de indicadores correspondientes a la salud del matorral de la ZAASA de La Trinidad</b>						
<i>Atributos de la salud del pastizal</i>	<i>Extrema</i>	<i>Media</i>	<i>Moderada</i>	<i>Ligera</i>	<i>Nula</i>	$\Sigma$
S= Estabilidad del Suelo/Sitio (indicadores 1-5 y 7)	⚡⚡⚡				⚡⚡⚡	E, N
H= Funcionalidad Hidrológica (indicadores 1-5 y 7)	⚡⚡⚡				⚡⚡⚡	E, N
B= Integridad Biótica (indicadores 3-8)	⚡				⚡⚡	E

Cuadro IV.13. **Resumen de atributos de la salud del matorral de la ZAASA de La Trinidad**

<b>Parte 3b. Resumen de atributos de la salud del matorral de la ZAASA de La Trinidad</b>					
<i>Atributo</i>	<i>E</i>	<i>Me</i>	<i>M</i>	<i>L</i>	<i>N</i>
Estabilidad del Suelo/Sitio	⚡				⚡
Funcionalidad Hidrológica	⚡				⚡
Integridad Biótica	⚡				

N= Nula (esperado, adecuado)

L= Ligera (evidencia de ligera modificación)

M= Moderada (afectado en sus capacidades)

Me= Media (altamente reducida)

E= Extrema (severamente modificada su capacidad)

Cuadro IV-14. **Parte 1. Formato resumido para evaluación de la Salud del Pastizal**

<b>Parte 1. Evaluación de la Salud del Pastizal: La Hediondilla</b>	
<b>Estado</b>	<u>Nuevo León</u>
<b>Localización</b>	<u>RTP El Tokio, Mpio. Galeana, N.L.</u>
<b>Tamaño del área</b>	<u>4381.9 ha</u>
<b>Fotos tomadas</b>	<u>si</u>
<b>Observador</b>	<u>Elisa P. Zaragoza Quintana</u>
<b>Fecha</b>	<u>febrero 2010-enero 2011</u>
<b>Sitio ecológico</b>	<u>La Hediondilla</u>
<b>Pendiente</b>	<u>0%</u>
<b>Precipitación anual</b>	<u>300mm</u>
<b>Clima reciente (ultimo dos años)</b>	<u>sequía</u>
<b>Describe influencias fuera del área dentro del área de interés</b>	
<u>el sitio se encuentra rodeado de asentamientos humanos, de áreas cultivadas así como de caminos de terracería</u>	

Cuadro IV.15. **Tabla de categoría de los indicadores para la Zona Núcleo de La Hediondilla**

<b>Parte 2. Tabla de categoría de los indicadores para la Zona Núcleo de La Hediondilla</b> (Atributo S= estabilidad de suelo/sitio, H= funcionalidad hidrológica y B= integridad biótica).						
<i>Atributo</i>	<i>Indicadores</i>	<i>Extrema</i>	<i>Media</i>	<i>Moderada</i>	<i>Ligera</i>	<i>Nula</i>
SH	1.Pedestales y/o terracetas					┆
SH	2.Área de suelo desnudo	┆				
SHB	3.Resistencia de la superficie del suelo a la erosión					┆
SHB	4.Compactación del suelo			┆		
SHB	5.Disminución de la cobertura aérea	┆				
B	6.Plantas invasoras					┆
SHB	7.Fragmentación de la costra biológica	┆				
B	8-Producción anual					┆

Cuadro IV.16. **Resumen de indicadores correspondientes a la Zona Núcleo de La Hediondilla**

<b>Parte 3a. Resumen de indicadores correspondientes a la Zona Núcleo de La Hediondilla</b>						
<i>Atributos de la salud del pastizal</i>	<i>Extrema</i>	<i>Media</i>	<i>Moderada</i>	<i>Ligera</i>	<i>Nula</i>	$\Sigma$
S= Estabilidad del Suelo/Sitio (indicadores 1-5 y 7)	┆┆┆┆				┆┆	E
H= Funcionalidad Hidrológica (indicadores 1-5 y 7)	┆┆┆┆		┆┆		┆┆	E
B= Integridad Biótica (indicadores 3-8)	┆┆┆┆				┆┆┆┆	E, N

Cuadro IV.17. Resumen de atributos de la Zona Núcleo de La Hediondilla

Parte 3b. Resumen de atributos de la Zona Núcleo de La Hediondilla					
Atributo	E	Me	M	L	N
Estabilidad del Suelo/Sitio	⚡				
Funcionalidad Hidrológica	⚡				
Integridad Biótica	⚡				⚡

N= Nula (esperado, adecuado)

L= Ligera (evidencia de ligera modificación)

M= Moderada (afectado en sus capacidades)

Me= Media (altamente reducida)

E= Extrema (severamente modificada su capacidad)

Cuadro IV.18. Tabla de categoría de los indicadores para la ZAASA de La Hediondilla

Parte 2. Tabla de categoría de los indicadores para la ZAASA de La Hediondilla (Atributo S= estabilidad de suelo/sitio, H= funcionalidad hidrológica y B= integridad biótica).						
Atributo	Indicadores	Extrema	Media	Moderada	Ligera	Nula
SH	1.Pedestales y/o terracetas					⚡
SH	2.Área de suelo desnudo					⚡
SHB	3.Resistencia de la superficie del suelo a la erosión		⚡			
SHB	4.Compactación del suelo					⚡
SHB	5.Disminución de la cobertura aérea	⚡				
B	6.Plantas invasoras					⚡
SHB	7.Fragmentación de la costra biológica	⚡				
B	8-Producción anual					⚡

Cuadro IV.19. Resumen de indicadores correspondientes a la ZAASA de La Hediondilla

Parte 3a. Resumen de indicadores correspondientes a la ZAASA de La Hediondilla						
Atributos de la salud del pastizal	Extrema	Media	Moderada	Ligera	Nula	Σ
S= Estabilidad del Suelo/Sitio (indicadores 1-5 y 7)	⚡⚡	⚡			⚡⚡⚡	N
H= Funcionalidad Hidrológica (indicadores 1-5 y 7)	⚡⚡	⚡			⚡⚡⚡	N
B= Integridad Biótica (indicadores 3-8)	⚡⚡	⚡			⚡⚡⚡	N

Cuadro IV.20. Resumen de atributos de la ZAASA de La Hediondilla

Parte 3b. Resumen de atributos de la ZAASA de La Hediondilla					
Atributo	E	Me	M	L	N
Estabilidad del Suelo/Sitio					⚡
Funcionalidad Hidrológica					⚡
Integridad Biótica					⚡

N= Nula (esperado, adecuado)

L= Ligera (evidencia de ligera modificación)

M= Moderada (afectado en sus capacidades)

Me= Media (altamente reducida)

E= Extrema (severamente modificada su capacidad)

Cuadro IV.21. Tabla de categoría de los indicadores para la ZAASRN de La Hediondilla

Parte 2. Tabla de categoría de los indicadores para la ZAASRN de La Hediondilla (Atributo S= estabilidad de suelo/sitio, H= funcionalidad hidrológica y B= integridad biótica).						
Atributo	Indicadores	Extrema	Media	Moderada	Ligera	Nula
SH	1.Pedestales y/o terracetas					⚡
SH	2.Área de suelo desnudo					⚡
SHB	3.Resistencia de la superficie del suelo a la erosión		⚡			
SHB	4.Compactación del suelo			⚡		
SHB	5.Disminución de la cobertura aérea					⚡
B	6.Plantas invasoras					⚡
SHB	7.Fragmentación de la costra biológica	⚡				
B	8-Producción anual					⚡

Cuadro IV.22. Resumen de indicadores correspondientes a la ZAASRN de La Hediondilla

Parte 3a. Resumen de indicadores correspondientes a la ZAASRN de La Hediondilla						
Atributos de la salud del pastizal	Extrema	Media	Moderada	Ligera	Nula	Σ
S= Estabilidad del Suelo/Sitio (indicadores 1-5 y 7)	⚡	⚡			⚡⚡⚡	N
H= Funcionalidad Hidrológica (indicadores 1-5 y 7)	⚡	⚡	⚡		⚡⚡⚡	N
B= Integridad Biótica (indicadores 3-8)	⚡⚡	⚡			⚡⚡	E, N

Cuadro IV.23. Resumen de atributos de la ZAASRN de La Hediondilla

Parte 3b. Resumen de atributos de la ZAASRN de La Hediondilla					
Atributo	E	Me	M	L	N
Estabilidad del Suelo/Sitio					⚡
Funcionalidad Hidrológica					⚡
Integridad Biótica	⚡				⚡

N= Nula (esperado, adecuado)

L= Ligera (evidencia de ligera modificación)

M= Moderada (afectado en sus capacidades)

Me= Media (altamente reducida)

E= Extrema (severamente modificada su capacidad)

Cuadro IV. 24. Tabla de categoría de los indicadores para la salud del matorral en la Zona Núcleo de La Hediondilla

Parte 2. Tabla de categoría de los indicadores para la salud del matorral en la Zona Núcleo de La Hediondilla (Atributo S= estabilidad de suelo/sitio, H= funcionalidad hidrológica y B= integridad biótica).						
Atributo	Indicadores	Extrema	Media	Moderada	Ligera	Nula
SH	1.Pedestales y/o terracetas					⚡
SH	2.Área de suelo desnudo			⚡		
SHB	3.Resistencia de la superficie del suelo a la erosión	⚡				⚡
SHB	4.Compactación del suelo			⚡		
SHB	5.Disminución de la cobertura aérea	⚡				
B	6.Plantas invasoras					⚡
SHB	7.Fragmentación de la costra biológica	⚡				
B	8-Producción anual	⚡				

Cuadro IV.25. Resumen de indicadores correspondientes a la salud del matorral de la Zona Núcleo de La Hediondilla

Parte 3a. Resumen de indicadores correspondientes a la salud del matorral de la Zona Núcleo de La Hediondilla						
Atributos de la salud del pastizal	Extrema	Media	Moderada	Ligera	Nula	Σ
S= Estabilidad del Suelo/Sitio (indicadores 1-5 y 7)	⚡⚡⚡		⚡⚡		⚡⚡	E
H= Funcionalidad Hidrológica (indicadores 1-5 y 7)	⚡⚡⚡		⚡⚡		⚡⚡	E

<b>Parte 3a. Resumen de indicadores correspondientes a la salud del matorral de la Zona Núcleo de La Hediondilla</b>						
<i>Atributos de la salud del pastizal</i>	<i>Extrema</i>	<i>Media</i>	<i>Moderada</i>	<i>Ligera</i>	<i>Nula</i>	$\Sigma$
B= Integridad Biótica (indicadores 3-8)	▬▬▬▬		▬		▬▬	<b>E</b>

Cuadro IV.26. **Resumen de atributos de la salud del matorral en la Zona Núcleo de La Hediondilla**

<b>Parte 3b. Resumen de atributos de la salud del matorral en la Zona Núcleo de La Hediondilla</b>					
<i>Atributo</i>	<i>E</i>	<i>Me</i>	<i>M</i>	<i>L</i>	<i>N</i>
Estabilidad del Suelo/Sitio	▬				
Funcionalidad Hidrológica	▬				
Integridad Biótica	▬				

N= Nula (esperado, adecuado)

L= Ligera (evidencia de ligera modificación)

M= Moderada (afectado en sus capacidades)

Me= Media (altamente reducida)

E= Extrema (severamente modificada su capacidad)

Cuadro IV.27. **Parte 1. Formato resumido para evaluación de la Salud del Pastizal**

<b><i>Parte 1. Evaluación de la Salud del Pastizal: Llano La Soledad</i></b>
<b>Estado</b> <u>Nuevo León</u> <b>Localización</b> <u>RTP El Tokio, Mpio. Galeana, N.L.</u>
<b>Tamaño del área</b> <u>4381.9 ha</u> <b>Fotos tomadas</b> <u>si</u>
<b>Observador</b> <u>Elisa P. Zaragoza Quintana</u> <b>Fecha</b> <u>febrero 2010-enero 2011</u>
<b>Sitio ecológico</b> <u>Llano La Soledad</u> <b>Pendiente</b> <u>0%</u> <b>Precipitación anual</b> <u>300mm</u>
<b>Clima reciente (ultimo dos años)</b> <u>sequía</u>
<b>Describe influencias fuera del área dentro del área de interes</b> <u>el sitio se encuentra rodeado de áreas cultivadas así como de caminos de terracería</u>

Cuadro IV.28. **Tabla de categoría de los indicadores para la Zona Núcleo del Llano La Soledad**

<b>Parte 2. Tabla de categoría de los indicadores para la Zona Núcleo del Llano La Soledad (Atributo S= estabilidad de suelo/sitio, H= funcionalidad hidrológica y B= integridad biótica).</b>						
<i>Atributo</i>	<i>Indicadores</i>	<i>Extrema</i>	<i>Media</i>	<i>Moderada</i>	<i>Ligera</i>	<i>Nula</i>
SH	1. Pedestales y/o terracetos					▬
SH	2. Área de suelo desnudo				▬	
SHB	3. Resistencia de la superficie del suelo a la erosión					▬
SHB	4. Compactación del suelo					▬
SHB	5. Disminución de la		▬			

<b>Parte 2. Tabla de categoría de los indicadores para la Zona Núcleo del Llano La Soledad</b> (Atributo S= estabilidad de suelo/sitio, H= funcionalidad hidrológica y B= integridad biótica).						
<i>Atributo</i>	<i>Indicadores</i>	<i>Extrema</i>	<i>Media</i>	<i>Moderada</i>	<i>Ligera</i>	<i>Nula</i>
	cobertura aérea					
B	6.Plantas invasoras					┆
SHB	7.Fragmentación de la costra biológica	┆				
B	8-Producción anual					┆

Cuadro IV.29. **Resumen de indicadores correspondientes a la salud de la Zona Núcleo del Llano La Soledad**

<b>Parte 3a. Resumen de indicadores correspondientes a la Zona Núcleo de La Hediondilla</b>						
<i>Atributos de la salud del pastizal</i>	<i>Extrema</i>	<i>Media</i>	<i>Moderada</i>	<i>Ligera</i>	<i>Nula</i>	$\Sigma$
S= Estabilidad del Suelo/Sitio (indicadores 1-5 y 7)	┆	┆		┆	┆┆	N
H= Funcionalidad Hidrológica (indicadores 1-5 y 7)	┆	┆		┆	┆┆┆	N
B= Integridad Biótica (indicadores 3-8)	┆	┆			┆┆┆	N

Cuadro IV.30. **Resumen de atributos de la salud en la Zona Núcleo del Llano La Soledad**

<b>Parte 3b. Resumen de atributos de la Zona Núcleo de La Hediondilla</b>					
<i>Atributo</i>	<i>E</i>	<i>Me</i>	<i>M</i>	<i>L</i>	<i>N</i>
Estabilidad del Suelo/Sitio					┆
Funcionalidad Hidrológica					┆
Integridad Biótica					┆

N= Nula (esperado, adecuado)

L= Ligera (evidencia de ligera modificación)

M= Moderada (afectado en sus capacidades)

Me= Media (altamente reducida)

E= Extrema (severamente modificada su capacidad)

Cuadro IV.31. **Tabla de categoría de los indicadores para la salud del matorral en la Zona Núcleo del Llano La Soledad**

<b>Parte 2. Tabla de categoría de los indicadores para la salud del matorral en la Zona Núcleo del Llano La Soledad</b> (Atributo S= estabilidad de suelo/sitio, H= funcionalidad hidrológica y B= integridad biótica).						
<i>Atributo</i>	<i>Indicadores</i>	<i>Extrema</i>	<i>Media</i>	<i>Moderada</i>	<i>Ligera</i>	<i>Nula</i>
SH	1.Pedestales y/o terracetos					┆
SH	2.Área de suelo desnudo	┆				



<b>Parte 2. Tabla de categoría de los indicadores para la salud del matorral en la Zona Núcleo del Llano La Soledad</b> (Atributo S= estabilidad de suelo/sitio, H= funcionalidad hidrológica y B= integridad biótica).						
<i>Atributo</i>	<i>Indicadores</i>	<i>Extrema</i>	<i>Media</i>	<i>Moderada</i>	<i>Ligera</i>	<i>Nula</i>
SHB	3.Resistencia de la superficie del suelo a la erosión		┆			┆
SHB	4.Compactación del suelo	┆				
SHB	5.Disminución de la cobertura aérea	┆				
B	6.Plantas invasoras					┆
SHB	7.Fragmentación de la costra biológica	┆				
B	8-Producción anual	┆				

Cuadro IV.32. **Resumen de indicadores correspondientes a la salud del matorral de la Zona Núcleo del Llano La Soledad**

<b>Parte 3a. Resumen de indicadores correspondientes a la salud del matorral de la Zona Núcleo del Llano La Soledad</b>						
<i>Atributos de la salud del pastizal</i>	<i>Extrema</i>	<i>Media</i>	<i>Moderada</i>	<i>Ligera</i>	<i>Nula</i>	$\Sigma$
S= Estabilidad del Suelo/Sitio (indicadores 1-5 y 7)	┆┆┆┆┆	┆			┆┆	E
H= Funcionalidad Hidrológica (indicadores 1-5 y 7)	┆┆┆┆┆	┆			┆┆	E
B= Integridad Biótica (indicadores 3-8)	┆┆┆┆┆	┆			┆┆	E

Cuadro IV.33. **Resumen de atributos de la salud del matorral de la Zona Núcleo del Llano La Soledad**

<b>Parte 3b. Resumen de atributos de la salud del matorral de la Zona Núcleo del Llano La Soledad</b>					
<i>Atributo</i>	<i>E</i>	<i>Me</i>	<i>M</i>	<i>L</i>	<i>N</i>
Estabilidad del Suelo/Sitio	┆				
Funcionalidad Hidrológica	┆				
Integridad Biótica	┆				

N= Nula (esperado, adecuado)

L= Ligera (evidencia de ligera modificación)

M= Moderada (afectado en sus capacidades)

Me= Media (altamente reducida)

E= Extrema (severamente modificada su capacidad)

## Anexo V.- Producción de biomasa aérea

Cuadro V.1. Estadística descriptiva de la biomasa aérea de la ZSCE La Hediondilla.

BIOMASA AÉREA	N	Media	Mínimo	Máximo	DE	CV	EE
MATORRAL	21	1645.50	17.48	4696.80	1267.23	77.01	276.53
PASTIZAL	182	27.73	0.92	291.72	42.03	151.59	3.12
PLANTAS INVASORAS	122	228.51	0.27	1740.75	342.44	149.86	31.00

ZSCE= zona sujeta a conservación ecológica, DE= desviación estándar

CV= coeficiente de variación. EE= error estándar

Cuadro V. 2. Estadística descriptiva de la biomasa aérea de la ZSCE La Trinidad.

BIOMASA AÉREA	N	Media	Mínimo	Máximo	DE	CV	EE
MATORRAL	30	1405.97	2.08	7252.28	1825.17	129.82	333.23
PASTIZAL	334	45.22	0.57	1143.04	114.70	253.65	6.28
PLANTAS INVASORAS	59	259.43	3.25	4504.50	658.15	253.69	85.68

ZSCE= zona sujeta a conservación ecológica, DE= desviación estándar

CV= coeficiente de variación, EE= error estándar

Cuadro V.3. Estadística descriptiva de la biomasa aérea del Llano La Soledad.

BIOMASA AÉREA	N	Media	Mínimo	Máximo	DE	CV	EE
MATORRAL	148	2006.33	1.20	25003.16	3974.77	198.11	326.72
PASTIZAL	585	25.22	0.23	975.00	77.61	307.73	3.21

ZSCE= zona sujeta a conservación ecológica, DE= desviación estándar

CV= coeficiente de variación, EE= error estándar

## Anexo VI.- Producción de biomasa aérea

Cuadro VI.1. Productividad mensual en cada una de las zonas sujetas a conservación ecológica para el perrito llanero mexicano.

MES/AÑO	La Trinidad			La Hediondilla			La Soledad
	<sup>1</sup> ZN ton/ha	<sup>2</sup> ZAASA ton/ha	<sup>3</sup> ZAASRN ton/ha	<sup>1</sup> ZN ton/ha	<sup>2</sup> ZAASA ton/ha	<sup>3</sup> ZAASRN ton/ha	<sup>1</sup> ZN ton/ha
feb-10	0.034	0.055	0.037	0.01	0.012	0.369	0.038
mar-10	0.127	0.086	0.163	0.003	0.042	0.05	0.255
abr-10	0.187	0.441	0.294	0.051	0.256	0.378	0.187
may-10	0.103	0.199	0.847	0.067	0.239	0.67	0.139
jun-10	0.215	0.308	0.267	0.204	0.272	0.906	0.169
jul-10	1.78	4.38	1.01	0.319	0.282	3.95	0.343
ago-10	0.458	0.438	0.512	0.335	0.54	1.54	0.262
sep-10	0	0.826	0.464	0	0.147	1.58	0.252
oct-10	0.206	1.09	0.319	0.168	0.091	1.77	0.118
nov-10	0.229	1.38	0.578	0.074	0.07	0.745	0.052
dic-10	0.15	0.495	0.178	0.13	0.06	3.03	0.222
ene-11	0.149	0.528	0.44	0.53	0.305	0.993	0.081

<sup>1</sup>ZN: zona núcleo de uso restringido.

<sup>2</sup>ZAASA: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas.

<sup>3</sup>ZAASRN: zona de amortiguamiento de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

Cuadro VI.2. Productividad mensual en las zonas sujetas a conservación ecológica analizadas.

MES/AÑO	TRINIDAD ton/ha	HEDIONDILLA ton/ha	LLANO LA SOLEDAD ton/ha
feb-10	0.043	0.215	0.038
mar-10	0.117	0.042	0.255
abr-10	0.318	0.298	0.187
may-10	0.313	0.477	0.139
jun-10	0.267	0.61	0.169
jul-10	2.95	2.66	0.343
ago-10	0.467	1	0.262
sep-10	0.524	1.06	0.252
oct-10	0.591	1.03	0.118
nov-10	0.897	0.49	0.052
dic-10	0.347	1.91	0.222
ene-11	0.429	0.723	0.081

**Anexo VII.- Archivo fotográfico**  
**Autor: Elisa Zaragoza**

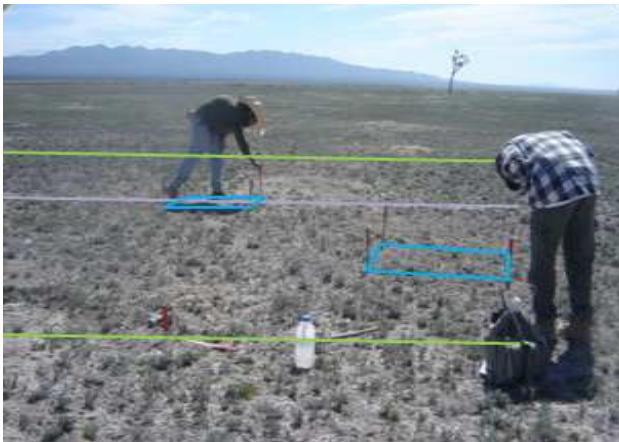


Figura 37. Colocación de parcelas para la toma de datos (Llano La Soledad).



Figura 38. Toma de datos sobre compactación de suelo dentro de cuadrantes de 1m<sup>2</sup> (La Trinidad).



Figura 39. Toma de datos sobre cobertura aérea en zonas de matorral (Llano La Soledad).



Figura 40. Evaluación rápida en campo sobre la resistencia de la superficie del suelo a la erosión.



Figura 41. Corte de biomasa aérea de pastizal a 3 cm sobre la superficie del suelo (La Trinidad).



Figura 42. Parcela que muestra una cobertura aérea adecuada para el sitio.



Figura 43. Parcela que muestra un suelo desnudo con grandes áreas sin cobertura y sin conexión entre fragmentos.



Figura 44. Muestra de costra biológica encontrada en el ANP Llano La Soledad.



Figura 45. Muestra de parcela con una dominancia de plantas invasoras en el ANP La Hediondilla.



Figura 46. Muestra de parcela con total dominancia de plantas invasoras (La Hediondilla) sobre lo que fue un pivote de cultivo de papa de hace 5 años aproximadamente.



Figura 47. Hato de cabras en el ANP La Hediondilla.



Figura 48. Formación de surcos para fines de captación de agua o para mejorías del agostadero, según un programa del Estado de Coahuila (Llano La Soledad, 2009).