

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES  
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO



CONTRIBUCIÓN AL MODELO DE NICHO ECOLÓGICO DE PERRITO LLANERO  
MEXICANO Y SU RELACIÓN CON LA DISMINUCIÓN DE SU RANGO GEOGRÁFICO  
ASÍ COMO LA EVALUACIÓN DE SU RIESGO DE EXTINCIÓN

CONTRIBUTION TO ECOLOGICAL MODEL NICHE OF MEXICAN PRAIRIE DOG  
AND ITS RELATION WITH LOSS GEOGRAPHIC RANGE AND ITS EVALUATION OF  
EXTINTION RISK

TESIS  
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD  
EN  
MANEJO DE RECURSOS NATURALES  
PRESENTA:

DINO ULISES GONZÁLEZ URIBE

LINARES, NUEVO LEÓN

DICIEMBRE, 2011

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES  
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO



CONTRIBUCIÓN AL MODELO DE NICHO ECOLÓGICO DE PERRITO LLANERO  
MEXICANO Y SU RELACIÓN CON LA DISMINUCIÓN DE SU RANGO GEOGRÁFICO  
ASÍ COMO LA EVALUACIÓN DE SU RIESGO DE EXTINCIÓN

CONTRIBUTION TO ECOLOGICAL MODEL NICHE OF MEXICAN PRAIRIE DOG  
AND ITS RELATION WITH LOSS GEOGRAPHIC RANGE AND ITS EVALUATION OF  
EXTINTION RISK

TESIS  
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD  
EN  
MANEJO DE RECURSOS NATURALES  
PRESENTA:

DINO ULISES GONZÁLEZ URIBE

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO

CONTRIBUCIÓN AL MODELO DE NICHO ECOLÓGICO DE PERRITO LLANERO  
MEXICANO Y SU RELACIÓN CON LA DISMINUCIÓN DE SU RANGO GEOGRÁFICO  
ASÍ COMO LA EVALUACIÓN DE SU RIESGO DE EXTINCIÓN

CONTRIBUTION TO ECOLOGICAL MODEL NICHE OF MEXICAN PRAIRIE DOG  
AND ITS RELATION WITH LOSS GEOGRAPHIC RANGE AND ITS EVALUATION OF  
EXTINTION RISK

TESIS:

Que para obtener el grado de

**DOCTOR EN CIENCIAS**

con Especialidad en Manejo de Recursos Naturales

Presenta:

**Dino Ulises González Uribe**



---

Dr. Andres Eduardo Estrada Castellón

Director



---

Dr. César Martín Cantú Ayala


Asesor



---

Dr. Fernando Noé González Saldívar


Asesor



---

Dr. Humberto González Rodríguez

Asesor



---

Dr. Heriberto Díaz Solís

Asesor externo

## ÍNDICE GENERAL

	Página
Índice de Tablas y Apéndices .....	ii
Índice de Figuras .....	iii
Resumen .....	1
Summary .....	3
Capítulo I. Introducción general .....	5
Capítulo II. Evaluación del nicho ecológico del perrito llanero ( <i>Cynomys mexicanus</i> ). .....	16
Capítulo III. Análisis retrospectivo de la distribución geográfica del perrito llanero mexicano <i>Cynomys mexicanus</i> , con base a 25 años de registros de colecta (1985-2010). .....	40
Capítulo IV. Evaluación del riesgo de extinción para <i>Cynomys mexicanus</i> . .....	59
Capítulo V. ¿Cómo puede evaluarse la densidad en perrito llanero mexicano?. .....	116
Capítulo VI. Conteos visuales para estimar la densidad en <i>Cynomys mexicanus</i> . .....	144
Capítulo VII. Conclusiones generales .....	173

## ÍNDICE DE TABLAS Y APÉNDICES

	Página
Tabla 2.1 Bases de datos halladas para <i>Cynomys mexicanus</i> . .....	21
Tabla 2.2 Tamaños de muestra dados por su polígono convexo para <i>Cynomys mexicanus</i> . .....	22
Tabla 2.3 Variables bioclimáticas –Bioclim- de la base de datos Worldclim. Las unidades de las variables 1 a la 11 son en °C (multiplicados por 10) y para la 12 a la 19 en mm. ....	23
Tabla 2.4 Clases consideradas para los modelos de MaxEnt para asignar calidad al nicho ecológico del perrito llanero. ....	24
Tabla 2.5 Criterios de elección para modelos de nicho ecológico del perrito llanero. ....	24
Tabla 2.6 Escenarios posibles para tres modelos de nicho ecológico de <i>C. mexicanus</i> . ....	29
Tabla 3.1 Superficies de colonias activas de perrito llanero mexicano <i>Cynomys mexicanus</i> .....	42
Tabla 3.2 Superficie en hectáreas (ha), porcentaje de la superficie ocupada (%) y número de colonias por Estado para 1998, 2004 y actual para perrito llanero mexicano. ....	47
Tabla 3.3 Colonias activas de perrito llanero mexicano, con superficie (ha), número de colonias vecinas ( $n$ ) e índices de interacción ( $l_i$ ), aislamiento ( $r_i$ ) y conectividad ( $a_i$ ). ....	49
Tabla 4.1 Superficies de colonias activas de perrito llanero mexicano <i>Cynomys mexicanus</i> . ....	66
Tabla 6.1 Muestreo de la densidad del perrito llanero en el “Rancho Los Ángeles”, Coahuila, y llano “La Soledad”, Nuevo León. ....	150
Tabla 6.2 Muestreo en una colonia de <i>C. mexicanus</i> en el Rancho Los Ángeles, Coahuila. ....	150
Apéndice 3.1 Rango geográfico histórico de <i>Cynomys mexicanus</i> . Tomado de Treviño-Villarreal y Grant (1998). Las coordenadas geográficas están proyectadas en WGS84. ....	56
Apéndice 6.1 Fundamento para obtener la ubicación de <i>Cynomys mexicanus</i> por telemetría. ....	165
Apéndice 6.2 Estimadores de la densidad promedio en colonias de perrito llanero mexicano. Estimadores de la densidad total en colonias de perrito llanero mexicano. ....	167

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1 Modelo de nicho ecológico de <i>C. mexicanus</i> por máxima entropía usando registros de Scott et al. (2004), $n = 8$ . .....	26
Figura 2.2 Modelo de nicho ecológico de <i>C. mexicanus</i> por máxima entropía usando registros de González Saldívar (1990), $n = 11$ . .....	27
Figura 2.3 Modelo de nicho ecológico de <i>C. mexicanus</i> por máxima entropía usando registros de Treviño-Villarreal y Grant (1998), $n = 11$ . .....	28
Figura 3.1 Mapa del área de estudio. ....	44
Figura 3.2. Áreas de las colonias de perrito llanero mexicano por categorías de superficie. ....	48
Figura 4.1 Distribución histórica y actual de <i>C. mexicanus</i> .....	68
Figura 4.2 Rango geográfico de perrito llanero mexicano, según Hall (1981). ....	79
Figura 4.3 Sitios con presencia de perrito llanero mexicano, según González-Saldivar (1990) y González-Saldivar (2002). ....	80
Figura 4.4 Sitios con presencia de perrito llanero mexicano, según Ceballos et al. (1993). ....	81
Figura 4.5 Sitios con presencia de perrito llanero mexicano, según Treviño-Villarreal y Grant (1998). ....	82
Figura 4.6 Sitios con presencia de perrito llanero mexicano, según Scott-Morales et al. (2004). ....	83
Figura 4.7 Sitios con presencia de <i>C. mexicanus</i> a nivel histórico. ....	84
Figura 4.8 Rango geográfico pleistocénico de <i>C. mexicanus</i> - <i>C. ludovicianus</i> , basado en depósitos del pleistoceno. ....	86
Figura 6.1 Localidades estudiadas, superior “Rancho Los Ángeles”, y “La Soledad” (inferior). ....	147
Figura 6.2 Colonias de perrito llanero (color amarillo) en el Rancho “Los Ángeles”, Coahuila. ....	149
Figura 6.3 Colonia del perrito llanero (color amarillo) en “La Soledad” Nuevo León. ....	151
Figura 6.4 Colonia de perrito llanero mexicano mostrando $N$ parcelas de 4 ha y animales contados (puntos). ....	153

## RESUMEN

Se evaluó el riesgo de extinción de *Cynomys mexicanus* como indica la NOM-059-SEMARNAT-2010, a través del método de evaluación de riesgo de las especies silvestres en México (MER), con este protocolo se categorizó el taxón de perrito como en peligro de extinción (P). Se evaluaron los cuatro criterios de la norma, 1) amplitud de la distribución del taxón en México; 2) estado del hábitat con respecto al desarrollo natural del taxón; 3) vulnerabilidad intrínseca y 4) impacto de la actividad humana sobre el taxón. La superficie actual que ocupan las colonias activas del perrito es de 284.2 km<sup>2</sup>, lo que representa el 0.014% con respecto a la superficie de México, esta proporción representa a la de una especie microendémica por tener una distribución menor al 5% del territorio nacional. La utilidad del MER es que se actualizó la distribución del rango geográfico de *C. mexicanus*, la cual fue 47.5% de la superficie con colonias activas actuales en Nuevo León (135.1 km<sup>2</sup>), 50.4% en Coahuila (143.2 km<sup>2</sup>) y 2.1% en San Luis Potosí (5.9 km<sup>2</sup>). Se identificaron que factores como pastoreo, agricultura y falta de conectividad entre colonias han contribuido a que el rango geográfico del perrito cambiara.

Se usaron capas bioclimáticas (Bioclim) con información de los años 1950 al 2000 y software de aplicación como Maxent, Garp y Diva-Gis para hallar el modelo de nicho ecológico de *C. mexicanus*, se tomaron en cuenta tamaños de muestra distintos con distribuciones espaciales en los datos. Los resultados de los modelos fueron utilizados para representar el nicho Hutchinsoniano y el rango geográfico potencial del perrito. Cada modelo se evaluó con las pruebas estadísticas propias del software usado, las cuales incluyen gráficas ROC, AUC, Jackknife y prueba ji-cuadrada. Los modelos por máxima entropía se ajustaron mejor a tamaños de muestra pequeños ( $n = 8$  y  $n = 11$ ) los valores de AUC fueron más altos (0.985 y 0.975, respectivamente). Los modelos indicaron en los gráficos Jackknife la nula contribución de variables de temperatura (BIO1 = Temperatura Media Anual; BIO3 = Isotermalidad (BIO2/BIO7) (\* 100); BIO4 = Temperatura Estacional (desviación estándar \*100); BIO5 = Temperatura Máxima del Mes más Caliente y BIO7 = Rango Anual de Temperatura (BIO5-BIO6)) mientras que las de precipitación tuvieron un mayor significado en el mismo (BIO16 = Precipitación del Trimestre más Húmedo = 44.4%; BIO15 = Precipitación Estacional (Coeficiente de Variación) = 33.4%).

Se hizo una revisión de los métodos con los que se estima densidad en el taxón, no se halló una metodología específica para hacer dicha estimación. En la literatura los métodos aplicados carecían de validez estadística y no tenían apego a la teoría del muestreo básico. Por ello, se experimentó con conteos visuales en colonias activas, encontrando que este método es rápido de aplicar y cubre una superficie considerable de las colonias. Se aplicaron distintos tamaños de parcelas de muestreo, 4, 2 y 1 ha ( $n = 11$ ,  $n = 22$  y  $n = 44$ , respectivamente). Las macroparcels de 4 ha, tuvieron la mayor variación, le siguen las de 2 y 1 ha, respectivamente. Los conteos visuales revelaron la actividad diurna de los animales y fue posible establecer un período de trabajo en el que se estima mejor la densidad en las colonias. El método aplicado no interrumpió las actividades de los animales.



## SUMMARY

The risk of extinction of *Cynomys mexicanus* was evaluated according to the NOM-059-SEMARNAT-2010, criteria by means of wild species risk assessment method (REM, according to its name in Spanish), with this protocol, the taxon was categorized as endangered (P). The four criteria 1) distribution width of the taxon in Mexico, 2) habitat status with respect to the natural development of taxon, 3) intrinsic vulnerability and 4) impact of human activity on the taxon, were evaluated. The current area occupied by active colonies of Mexican prairie dog is 284.2 km<sup>2</sup>, representing 0.014% with respect to the surface of Mexico, this ratio represents one species which have a microendemic distribution less than 5% of country surface. With the REM was possible updated the geographic range distribution of *C. mexicanus*, which was 47.5% of the surface current active colonies in Nuevo Leon (135.1 km<sup>2</sup>), 50.4% in Coahuila (143.2 km<sup>2</sup>) and 2.1% in San Luis Potosi (5.9 km<sup>2</sup>). Factors such as grazing, agriculture and lack of connectivity among colonies have contributed to the geographic range of Mexican prairie dog changed.

Bioclimatic layers (Bioclim) with information from the years 1950 to 2000 and software such as Maxent, Garp and Diva-Gis to find the niche model for *C. mexicanus*, were used to account different sample sizes with spatial patterns in the data. The results of the models were used to represent the Hutchinsonian niche and potential geographic range of Mexican prairie dog. Each model was evaluated with their own statistics tests, which include graphics ROC, AUC, Jackknife and chi-square. The maximum entropy models adjusted better to small sample sizes ( $n = 8$ ;  $n = 11$ ) AUC values were higher 0.985 and 0.975, respectively. The models indicated in the graphs Jackknife the null contribution of temperature variables (BIO1 = Annual Mean Temperature; BIO 3 = Isothermality (BIO2/BIO7) (\* 100); BIO 4 = Temperature Seasonality (Coefficient of Variation); BIO 5 = Max Temperature of Warmest Period; BIO = 7 Temperature Annual Range (BIO5-BIO6)) while the precipitation had a greater meaning in it (BIO 16 = Precipitation of Wettest Quarter = 44.4%; BIO = 15 Precipitation Seasonality (Coefficient of Variation) = 33.4%).

A review of the methods by estimated density in Mexican prairie dog did not found a specific methodology to estimate density in this taxon. The methods consulted in the literature lack of statistical validity and had not basic sampling.

Therefore, the count was carried out in active colonies by means of visual counts, finding that this method is quick to apply and covers a considerable surface area. There were applied different plot size samples, 4, 2 and 1 ha, respectively ( $n = 11$ ,  $n = 22$  and  $n = 44$ , respectively). The macroplot of 4 ha, had the highest variation, followed by the 2 and 1 ha, respectively. The visual counts revealed diurnal animals behavior and was able to establish a work period in which the density is best estimated in the colonies. The method used did not disrupt the activities of animals.

## Capítulo I. Introducción general

El perrito llanero mexicano (*Cynomys mexicanus* Merriam, 1892) habita en colonias en el Altiplano Mexicano, ocupa partes de los Estados de Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí; anteriormente habitaba en Zacatecas, pero actualmente se le considera extirpado en ese Estado (Treviño-Villarreal y Grant, 1998). La NOM-059-SEMARNAT-2010 (NOM), lo considera en peligro de extinción, el estudio que acredita dicha categoría recibe el nombre de método de evaluación de riesgo de las especies silvestres en México (MER). Tanto la NOM como el protocolo MER, mencionan que la extinción de una especie puede ser estudiada por dimensiones, una sola no puede medir la dimensión real de dicha extinción (Sánchez et al. 2007); es necesaria información como la extensión geográfica del taxón, es decir, la superficie ocupada por las colonias de la especie en México, densidad y las amenazas potenciales que hay en el hábitat para la especie (Sánchez et al. 2007).

El perrito llanero mexicano como taxón ha sido estudiado por varios autores que han investigado distintas dimensiones de la especie, como el rango geográfico (Treviño-Villarreal y Grant, 1998; Scott et al. 2004), reproducción (Treviño-Villarreal, 1990; Rioja, 2003), dieta (Frías, 1987; Navarro, 2003), fragmentación del hábitat (Treviño-Villarreal y Grant, 1998), incluso hay quienes aplicaron control químico para envenenar a los animales bajo el pretexto de ser una competencia con el ganado vacuno (Medina, 1972), mismos que dieron inicio al estudio de la densidad de *C. mexicanus* en forma errónea; se ha estudiado la viabilidad del taxón con datos incompletos (Scott et al. 2005), que representa información de importancia para la especie a un nivel de error grande; hay trabajos que informan de la riqueza de especies vegetales en las colonias y su relación con el pastoreo, la cual da evidencias del efecto de la fragmentación por el hombre (Estrada-Castillón et al. 2010). Por otro lado, se han clasificado las colonias del taxón por estudios específicos en los suelos del hábitat (Reyna, 2007), trabajos que son escasos y toman en cuenta el hábito semi-excavador del perrito llanero y que en ocasiones no son tomados en cuenta; por ello la aparente sencillez de estudiar la textura de las colonias (Treviño-Villarreal et al. 1997) es una dimensión de importancia. Las relaciones que tiene el taxón con el humano, también han sido investigadas, como los aspectos socioeconómicos de los pobladores aledaños a colonias de *C. mexicanus* (Avendaño, 1999). La realidad es que el perrito llanero mexicano ha sido estudiado con una visión parcial de su

hábitat y en consecuencia de su nicho, esto se muestra en los trabajos locales que sólo toman en cuenta las colonias de una porción del hábitat en Coahuila (González, 2004; Guzmán, 2004) y que mencionan el tipo de vegetación para poner atención en ella, sin que en el estudio se experimente sobre la misma, casualmente en el mismo lugar se dieron las experiencias del control químico del perrito llanero en el Rancho Los Ángeles, Coahuila, no han terminado de dar la lección que el taxón se distribuye por áreas aledañas y que las colonias dependen también de la dispersión de los animales (Garret y Franklin, 1988; Treviño-Villarreal y Grant, 1998).

En conjunto, es importante estudiar todas las dimensiones de riesgo de *C. mexicanus*, las cuales son englobadas en el hábitat y nicho de la especie, con mayor énfasis en el nicho (Pianka, 1988; Kostelnick et al. 2007). Aunque se conocen intentos de construir el nicho ecológico del taxón, se sabe de la mala calidad de los registros que alimentan al modelo en cuestión (CONABIO, 2009), un nicho tiene  $n$ -dimensiones donde el organismo se ajusta a vivir (Hutchinson, 1957; Pianka, 1988), si se toman en cuenta variables de clima, puede hallarse el nicho Hutchinsoniano para la especie (Kostelnick et al. 2007), no importando que no se tome en cuenta la competencia o depredación; un aspecto de relevancia es que los hábitos fosoriales del *C. mexicanus* le han permitido aclimatación a los cambios en temperatura y adaptación de su hábitat (Day et al. 2003; Odling-Smee et al. 2003), refiriéndose al taxón como constructor de su propio nicho, con lo cual quedan incluidas las relaciones bióticas y abióticas en el hipervolumen de nicho.

La modelación del nicho ecológico de *C. mexicanus*, también indica el hábitat potencial (Kostelnick et al. 2007; Stockwell, 2007) para la especie en el Altiplano Mexicano dadas las mismas variables en el rango de tiempo considerado; en forma geográfica, el modelo puede informar de la calidad del mismo en distintos lugares, además pueden hacerse comparaciones con el rango geográfico actual e histórico de las colonias conocidas de la especie. Si se incluyen herramientas computacionales, sensores remotos, GPS (Geographical Position System) y software de aplicación como Google Earth, entre otros, el rango geográfico resultante será una expresión de  $n$ -dimensiones del nicho del taxón.

Sin embargo, el trabajo directo en las colonias de *C. mexicanus* es importante y considera una perspectiva en el hábitat tangible, como lo indica el MER en su protocolo, la densidad de la especie deberá ser reportada con el método usado, misma que ha sido estudiada por diferentes procedimientos, la mayoría sin validez estadística (Fagerstone y Biggings, 1986; Menkens et al. 1990; Powell et al. 1994; Severson y Plumb, 1998), inclusive se ha dicho en otras especies de *Cynomys* que el conocimiento de los tamaños y extensión de las colonias son una manera representativa de conocer la densidad de perrito llanero vía aérea; de aquí que el rango geográfico de las colonias (Van Pelt, 1999) sea nuevamente una dimensión a conocer. Motivo que inducen a investigar que métodos son los adecuados para evaluar la densidad del taxón y cuales para evaluar el rango geográfico del hábitat.

Con este trabajo planteamos la siguiente hipótesis y objetivos

### **Hipótesis**

Se puede obtener un modelo de nicho ecológico y el rango de distribución geográfica para perrito llanero, usando variables bioclimáticas y evaluar el riesgo de extinción de la especie a través del Método de Evaluación del Riesgo (MER) de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

### **Objetivo General**

Obtener un modelo de nicho ecológico y el rango de distribución geográfica para perrito llanero usando variables bioclimáticas considerando las localidades de El Rancho Los Ángeles, Coahuila, y La Soledad, Nuevo León.

### **Objetivos Específicos**

Estimar la superficie actual en las localidades de El Rancho Los Ángeles, Coahuila, y La Soledad, Nuevo León de colonias activas de perrito llanero usando sensores remotos para generar un mapa.

Hacer estimaciones de la densidad de perrito llanero utilizando muestreo dirigido y muestreo de distancias y, con ubicaciones espaciales, estimar el tamaño de las mejores parcelas de muestreo por conteos visuales.

La tesis se organizó en capítulos para dar respuesta a la hipótesis y objetivos, mismos que son mencionados a continuación,

## **Capítulo II. Evaluación del nicho ecológico del perrito llanero (*Cynomys mexicanus*).**

En este capítulo, se usaron capas bioclimáticas (Bioclim) con información de los años 1950 al 2000 con la intención de conocer el nicho Hutchinsoniano del perrito llanero mexicano, se utilizaron software de aplicación como Maxent, Garp y Diva-Gis. Se buscaron registros históricos para ser usados como bases de datos y así poder representar la distribución de la especie; estudios en la especie reportan que su rango geográfico ha declinado en los últimos 17 años. Se tomaron en cuenta tamaños de muestra distintos con distribuciones espaciales en los datos. Los resultados de los modelos fueron usados para representar el nicho Hutchinsoniano y el rango geográfico potencial de *C. mexicanus*. La evaluación de cada modelo se hizo con las pruebas estadísticas propias del software usado, las cuales incluyen gráficas ROC, AUC, Jackknife y prueba ji-cuadrada. Los modelos por máxima entropía se ajustaron mejor a tamaños de muestra pequeños ( $n = 8$  y  $n = 11$ ) los valores de AUC fueron más altos (0.985 y 0.975, respectivamente). Estos modelos indicaron en los gráficos Jackknife la nula contribución de variables de temperatura en el modelo (BIO 1, 3, 4, 5 y 7) mientras que las de precipitación tuvieron un mayor significado en el mismo (BIO16 = 44.4% y BIO15 = 33.4%). Los modelos dados por Garp trabajan solo con un mínimo de  $n = 50$  registros por lo cual no pudieron ser contrastados con valores de  $n$  pequeños de Maxent. Los modelos dados por Diva-Gis fueron obtenidos en mucho menor tiempo que los otros programas, aunque los insumos son los mismos, estos no presentan pruebas estadísticas que le den validez al modelo, y se reconoce la eficiencia en tiempo de Diva aunado a sus opciones de importación y exportación de archivos. La información de nicho ecológico y distribución geográfica potencial será usada para incrementar el conocimiento de la especie incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

### **Capítulo III. Análisis retrospectivo de la distribución geográfica del perrito llanero mexicano *Cynomys mexicanus*, con base a 25 años de registros de colecta (1985-2010).**

La finalidad de este capítulo, fue actualizar la distribución del rango geográfico del perrito llanero *C. mexicanus* en México, incluyendo los reportes de 1993 y 1999 con los cuales se obtuvo la superficie actual ocupada por las colonias activas; también, por revisión de literatura, se generó una base de datos geográfica con 109 puntos de registro que indica el rango de la distribución histórica de esta especie. Se comprobaron los sitios de registro en campo y se recorrieron cada una de las colonias para medir perímetro y superficie. Usando sensores remotos se cuantificó la distancia lineal más cercana entre parches vecinos, se realizó un análisis de fragmentación para hallar estadísticas de aislamiento y estado actual de las colonias registradas. Los análisis indicaron que el 47.5% de la superficie con colonias activas actuales se encuentra en Nuevo León (135.1 km<sup>2</sup>), el 50.4% en Coahuila (143.2 km<sup>2</sup>) y el 2.1% en San Luis Potosí (5.9 km<sup>2</sup>). Las superficies ocupadas por las colonias han sido de 478, 322 y 284.2 km<sup>2</sup>, respectivamente la última de éstas tres fue registrada en este estudio. En el Estado de San Luis Potosí se registraron 6 colonias, siendo evidente la poca actividad del perrito; en Nuevo León se registraron 24 colonias y en Coahuila 26, atribuyendo el cambio a la interacción, aislamiento y conectividad entre colonias. El rango latitudinal de las colonias disminuyó en San Luis Potosí en 18 km, en Coahuila el rango longitudinal se redujo del oeste en 7.5 km y creció 7 km hacia el norte y en Nuevo León, el rango latitudinal creció 17 km en dirección sur-este. Factores como pastoreo, agricultura y conectividad entre colonias han contribuido a que el rango geográfico del perrito haya cambiado.

### **Capítulo IV. Evaluación del riesgo de extinción para *Cynomys mexicanus*.**

Es conocido que el perrito de las praderas mexicano esta en peligro de extinción, sin embargo, el estudio que acredite dicha categoría, no se conoce. En este capítulo se elaboró el MER (método de evaluación de riesgo de extinción de las especies silvestre de México) para el perrito llanero mexicano, instrumento de la NOM-059-SEMARNAT-2010 para estimar riesgos de extinción. Los cuatro criterios de la norma, 1) amplitud de la distribución del taxón en México; 2) estado del hábitat con respecto al desarrollo natural del taxón; 3) vulnerabilidad intrínseca y 4) impacto de la actividad humana sobre el taxón, fueron evaluados. Se determinó una superficie de 284.2 km<sup>2</sup> de colonias activas del perrito, lo que representa el 0.014% con

respecto a la superficie de México, según el MER esta proporción es de una especie microendémica por tener una distribución menor al 5% del territorio nacional. En los Estados el 47.5% de la superficie con colonias activas actuales se encuentra en Nuevo León (135.1 km<sup>2</sup>), el 50.4% en Coahuila (143.2 km<sup>2</sup>) y el 2.1% en San Luis Potosí (5.9 km<sup>2</sup>). El estado del hábitat de las colonias del perrito llanero es hostil o muy limitante, la vulnerabilidad alta, con un alto impacto. Lo anterior justificado por la disminución de la superficie de las colonias activas, que se debe principalmente a la actividad del hombre por agricultura y pastoreo. Entre ellos, el cultivo de la papa y alfalfa en el Estado de Nuevo León ha disminuido fuertemente las colonias del perrito, hasta 1999, dicho Estado era el primero en superficie de colonias activas, ahora es el segundo. Sin embargo, hallamos la colonia activa continua, más grande, La Soledad y en parte de ella se ha establecido un área natural protegida (ANP).

#### **Capítulo V. ¿Cómo puede evaluarse la densidad en perrito llanero mexicano?**

Este capítulo revisa las metodologías que evalúan la densidad en colonias de *C. mexicanus*, variables tomadas en cuenta para categorizar el riesgo de extinción de las especies silvestres en México según la NOM-059-SEMARNAT-2010, esto implica un estudio de la densidad por muestreo; como no hay una metodología específica para el taxón que indique el como hacer dicha estimación, se revisó en la literatura distintos métodos para hacerlo, encontrando que existe carencia de validez estadística en ellos, incluso no hay apego a la teoría del muestreo básico. De la revisión se encontró que dos métodos para obtener la densidad son más efectivos en una misma colonia, aunque se se considera más adecuada la aplicación de un método de conteo rápido, es necesario tomar en cuenta que la especie está fuertemente afectada por la temperatura del ambiente en horas de actividad diurna, por ello se recomienda tomar en cuenta factores que afecten la estimación de la densidad en *C. mexicanus*.

#### **Capítulo VI. Conteos visuales para estimar la densidad en *Cynomys mexicanus***

Una vez revisados los métodos de muestreo que pueden ser aplicados para evaluar densidad en colonias de *C. mexicanus*, en este capítulo se evaluó, la densidad de perrito llanero mexicano por medio de conteos visuales en colonias activas. Este método es rápido de aplicar y es posible cubrir una superficie considerable de la colonia. Con la finalidad de evaluar la variación de la densidad promedio, se aplicaron distintos tamaños de parcelas de muestreo, 4,



2 y 1 ha. Las macroparcelas de 4 ha tienen la mayor variación, le siguen las de 2 y 1 ha, respectivamente. Los conteos visuales revelaron la actividad diurna de los animales y fue posible establecer un período de trabajo en el que se estima la densidad en las colonias. El método aplicado no interrumpe las actividades de los animales, salvo en el punto de avistamiento. Se obtuvo el tamaño mínimo de muestra, intervalos de confianza de la densidad al 95% y error de muestreo.

## Literatura citada

Avendaño, J. J. 1999. Análisis socioeconómico de las comunidades aledañas a las colonias de los perros de las praderas (*Cynomys mexicanus*) en el noreste de México. Reporte Técnico World Wildlife Fund. Programa del Desierto Chihuahuense. México. 35 pp.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2009. *Cynomys mexicanus* (perro llanero mexicano). Distribución conocida. Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Day R. L., K. N. Laland, y F. J. Odling-Smee. 2003. Rethinking adaptation: The niche-construction perspective. *Perspectives in Biology and Medicine*. 46(1): 80-95.

Estrada-Castillón, E., L. Scott-Morales, J. A. Villarreal-Quintanilla, E. Jurado-Ybarra, M. Cotera-Correa, C. Cantú-Ayala, y J. García-Pérez. 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.

Fagerstone, A. K. y D. E. Biggins. 1986. Comparison of capture-recapture and visual count indices of prairie dog densities in black-footed ferret habitat. *Great Basin Naturalist Memoirs*. 8: 94-98.

Frías Hernández, J. A. 1987. Consistencia y similitud de las dietas de bovino y perrito de las praderas mexicano (*Cynomys mexicanus* Merriam) en un pastizal mediano abierto. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 116 pp.

Garret, G. M. y L. W. Franklin. 1988. Behavioral ecology of dispersal in the black-tailed prairie dog. *Journal of Mammalogy*. 64(2): 236-256.

González Domínguez, J. L. 2004. Colonización espacio-temporal de perrito llanero (*Cynomys mexicanus*) en relación al paisaje en el rancho los Ángeles. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 53 pp.

Guzmán N. J. A. 2004. Ecología de colonias de perrito llanero (*Cynomys mexicanus* M.) con diferente historial de colonización. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 52 pp.

Hutchinson, G. E. 1957. Concluding remarks. Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology. 22:415-427.

Kostelnick, J. C., D. C. Peterson, S. L. Egbert, K. M. McNyset, y J. F. Cully. 2007. Ecological niche modeling of black-tailed prairie dog habitats in Kansas. Transactions of the Kansas Academy of Science. 110(314): 187-200.

Medina, Torres G. 1972. Contribución al estudio y control del perrito de las praderas Mexicano (*Cynomys mexicanus* Merriam), en el rancho demostrativo "Los Ángeles", propiedad de la escuela superior de agricultura "Antonio Narro", de la Universidad de Coahuila. Universidad de Coahuila, Escuela Superior de Agricultura Antonio Narro. Tesis de Licenciatura. México. 109 pp.

Menkens, G. E., D. E. Biggins y S. H. Anderson. 1990. Visual counts as an index of white-tailed prairie dog density. Wildlife Society Bulletin. 83:290–296.

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. Universidad Autónoma de Nuevo León. 79 pp.

Odling-Smee, F. J., K. N. Laland, y M. W. Feldman. 2003. Niche construction: The neglected process in evolution. Monographs in population biology. 37. Princeton University Press. 462 pp.

Pianka, E. R. 1988. Evolutionary ecology. 4a.ed. Harper and Row. 467 pp.

Powell, L. K., R. J. Robel, K. E. Kemp y M. Nellis. 1994. Aboveground counts of black-tailed prairie dogs: Temporal nature and relationship to burrow entrance density. *Journal of Wildlife Management*. 58(2): 361-366.

Reyna González, L. N. 2007. Caracterización de suelos de colonias del perrito llanero (*Cynomys mexicanus* MERRIAM) en Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. 48 pp.

Rioja Paradela, T. 2003. Comportamiento reproductivo del perrito llanero (*Cynomys mexicanus* MERRIAM) en el Altiplano Mexicano. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma de Nuevo León. México. 91 pp.

Sánchez, O., R. Medellín, A. Aldama, B. Goettsch, J. Soberón, y M. Tambutti. 2007. Método de evaluación del riesgo de extinción de las especies silvestres en México (MER). Instituto Nacional de Ecología (INE-Semarnat). 170 pp.

Scott-Morales, L., E. Estrada, F. Chavez-Ramírez, y M. Cotera. 2004. Continued decline in geographic distributions of the Mexican prairie dog (*Cynomys mexicanus*). *Journal of mammalogy*. 85(6):1095-1101.

Scott-Morales, L., E. Gottschalk, y M. Mühlenberg. 2005. Decline in the endemic Mexican prairie dog *Cynomys mexicanus*: What do we know about extinction risk? *Oryx*. 39(4): 389-397.

Severson E. K. y G. E. Plumb. 1998. Comparison of methods to estimate population densities of black\_tailed prairie dogs. *Wildlife Society Bulletin*. 26(4): 859-866.

Stockwell, D. 2007. Niche modeling. Predictions from statistical distributions. Chapman and Hall. 197 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 139:1–27.

Treviño-Villarreal, J., W. Grant, y A. Cardona-Estrada. 1997. Characterization of soil texture in Mexican prairie dog (*Cynomys mexicanus*) colonies. Texas Journal Science 49(3): 207-214.

Treviño-Villarreal, J. y W. Grant. 1998. Geographic range of the endangered Mexican prairie dog (*Cynomys mexicanus*). Journal of Mammalogy 79(4):1273-1287.

Van Pelt, W (Ed.). 1999. The black-tailed prairie dog. Conservation assesment and strategy. Nongame and endangered wildlife program. Arizona game and fish department. 62 pp.

## Capítulo II. Evaluación del nicho ecológico del perrito llanero (*Cynomys mexicanus*)

Dino Ulises González Uribe<sup>1</sup>, Eduardo Estrada Castellón<sup>1</sup>, César Cantú Ayala<sup>1</sup>, Fernando González Saldívar<sup>1</sup>, Humberto González Rodríguez<sup>1</sup> y Heriberto Díaz Solís<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, N.L. 67700, AP 41

<sup>2</sup>Departamento de Recursos Naturales, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, 25315

### Resumen

Con la intención de conocer el nicho Hutchinsoniano del perrito llanero mexicano, se usaron capas bioclimáticas (Bioclim) con información de 1950 al 2000, software de aplicación como Maxent, Garp y Diva-Gis. Estudios en la especie reportan que su rango geográfico ha declinado en los últimos 17 años. Se buscaron registros históricos para ser usados como bases de datos y así poder representar la distribución de la especie. Con esta información se tomaron en cuenta tamaños de muestra distintos con distribuciones espaciales en los datos. Los resultados de los modelos fueron usados para representar el nicho Hutchinsoniano y el rango geográfico potencial del perrito. La evaluación de cada modelo se hizo con las pruebas estadísticas propias del software usado, las cuales incluyen gráficas ROC, AUC, Jackknife y prueba ji-cuadrada. Los modelos por máxima entropía se ajustaron mejor a tamaños de muestra pequeños ( $n = 8$  y  $n = 11$ ) los valores de AUC fueron más altos (0.985 y 0.975, respectivamente). Estos modelos indicaron en los gráficos Jackknife la nula contribución de variables de temperatura en el modelo (BIO1 = Temperatura Media Anual; BIO3 = Isotermalidad (BIO2/BIO7) (\* 100); BIO4 = Temperatura Estacional (desviación estándar \*100); BIO5 = Temperatura Máxima del Mes más Caliente y BIO7 = Rango Anual de Temperatura (BIO5-BIO6)) mientras que las de precipitación tuvieron un mayor significado en el mismo (BIO16 = Precipitación del Trimestre más Húmedo = 44.4%; BIO15 = Precipitación Estacional (Coeficiente de Variación) = 33.4%). Los modelos dados por Garp trabajan solo con un mínimo de  $n = 50$  registros por lo cual no pudieron ser contrastados con valores de  $n$  pequeños de Maxent. Los modelos dados por Diva-Gis fueron obtenidos en mucho menor tiempo que los otros programas, aunque los insumos son los mismos, estos no presentan pruebas estadísticas que le den validez al modelo, y se reconoce la eficiencia en tiempo de Diva aunado a sus opciones de importación y exportación de archivos. La

información de nicho ecológico y distribución geográfica potencial será usada para incrementar el conocimiento de la especie incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Palabras clave: Perrito llanero mexicano, nicho Hutchinsoniano, distribución geográfica de *Cynomys mexicanus*, Maxent, Garp, Diva-Gis, ROC, AUC.

### **Abstract**

In order to know the niche Hutchinsonian of Mexican prairie dogs bioclimatic layers (Bioclim) with information from the years 1950 to 2000 were used, software such as Maxent, Garp and Diva-Gis were also used. Studies report that the species geographic range has declined in the last 17 years. Historical records were searched to be used as databases, in this way, the distribution of the species can be drawn. This information accounts for different sample sizes and spatial distributions in the data. The results of the models were used to represent the potential niche and geographical Hutchinsonian range of Mexican prairie dog. The evaluation of each model was carried out with its own statistical test of each software, which includes graphic ROC, AUC, Jackknife and chi-square. The maximum entropy models adjusted better to small sample sizes ( $n = 8$  and  $n = 11$ ) AUC values were higher 0.985 and 0.975, respectively. These models indicated in the Jackknifes' graphs the null contribution of temperature in the model (BIO1 = Annual Mean Temperature; BIO 3 = Isothermality (BIO2/BIO7) (\* 100); BIO 4 = Temperature Seasonality (Coefficient of Variation); BIO 5 = Max Temperature of Warmest Period; BIO = 7 Temperature Annual Range (BIO5-BIO6)) while the precipitation had a greater meaning in it (BIO 16 = Precipitation of Wettest Quarter = 44.4%; BIO = 15 Precipitation Seasonality (Coefficient of Variation) = 33.4%). Given by Garp models wich work with a minimum of  $n = 50$  records, so those could not be compared with  $n$  small values. The models given by Diva-Gis were obtained in less time than other programs, though the inputs are the sameones, they have no statistical test to validate the model, so, Diva software is more efficient in terms of time, import and export data analysis files. Information about ecological niche and potential geographic distribution will be used to increase knowledge of the species included in the NOM-059-SEMARNAT-2010.

Keywords: Prairie dog niche, Hutchinsonian niche, *Cynomys mexicanus* geographical distribution, Maxent, Garp, Diva-Gis, ROC, AUC.

## Introducción

Se entiende como el nicho ecológico de una especie, al conjunto de variables ambientales que forman un hipervolumen de  $n$ -dimensiones en el cual el organismo se ajusta a vivir (Hutchinson, 1957; Hutchinson 1979), a esto se le conoce como la definición Hutchinsoniana de nicho. El concepto ha sido debatido y enriquecido por más de 40 años, lo cual hace que se centre en la definición que en este documento se presenta.

Por su parte, Pianka (1988), comenta que la definición dada por Hutchinson (1957) es abstracta y difícil de aplicar; más tarde Kostelnick et al. (2007) y Stockwell (2007) indicaron que el concepto es adecuado para hallar el conjunto de variables ambientales que pueden determinar un nicho ecológico.

A pesar de que autores recientes han indicado que la definición Hutchinsoniana de nicho deja fuera las interrelaciones que tiene una especie y que al obtener un modelo queda incompleto por la falta de investigación de ellas, estos han olvidado que desde sus inicios incluyó a las variables ambientales y físicas del hábitat (Vázquez, 2005).

Otros autores han alimentado la definición tomando en cuenta la acción que tienen las especies a modificar o construir su propio nicho (Day et al. 2003; Odling-Smee et al. 2003), siendo los roedores excavadores (como el perrito llanero) un ejemplo adecuado de constructores de nicho o ingenieros de ecosistemas, se dice que ellos se han ajustado a vivir en las condiciones ambientales que se procuran y han superado y modificado el ambiente para protegerse de la depredación y de la competencia de otras especies (Day et al. 2003; Erwin, 2008).

Al estudiar el nicho ecológico del perrito llanero mexicano se aumenta el conocimiento de la especie que se encuentra en la lista de la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría de especies en peligro de extinción. Para conocerlo, pueden usarse máquinas de pensamiento por máxima entropía (Maxent), un algoritmo genético (Garp), software de aplicación y sistemas de información geográfica (Diva-Gis, ArcGis) para encontrar el modelo de  $n$ -dimensiones en las que se incluyen variables de clima (Scacheti-Pereira, 2001; Hijmans et al. 2005; Kostelnick et al. 2007; Hirzel y Lay, 2008).



Este modelo, también es conocido como un resultado de distribución geográfica de la especie (Wiley et al. 2003; Kostelnick et al. 2007); en el se pueden discriminar las áreas potenciales habitables para el organismo y las ocupadas, debido a que se trabaja con coordenadas geográficas (registros) que indican la presencia/ausencia de los animales (Stockwell, 2007).

La importancia de esta especie en México lleva a plantear la pregunta siguiente: si es posible la obtención de un modelo de nicho ecológico y distribución geográfica de *C. mexicanus* usando información de los años 1950 al 2000 disponibles por Wordclim a través de su base de datos de Bioclim (Disponible en línea en <http://www.worldclim.org/download>). El objetivo principal es obtener un modelo que discrimine la distribución geográfica para perrito llanero usando variables bioclimáticas considerando las colonias de esta especie animal en el Altiplano Mexicano.

### **Material y Métodos**

En este estudio se consideró la región del Altiplano Mexicano limitada por las coordenadas 25° 16'22.08''N, 101°25'1.2''O y 23° 55'2.28''N, 100°8'6''O.

La mayoría de las colonias estudiadas se encuentran en la región prioritaria No. 80 “El Tokio” (Arriaga et al. 2000; CONABIO, 2004).

El Altiplano Mexicano se encuentra en el desierto Chihuahuense, en esta región se tienen precipitaciones medias anuales menores a 500 mm con distribuciones diversas, las lluvias de invierno son hacia el noroeste y las de verano hacia el sureste (CONABIO, 2008).

La vegetación que se observa en las colonias del perrito son pastizales bajos, uno por su forma de crecimiento y otro por el sobrepastoreo del ganado doméstico en el área, las inclinaciones del terreno en promedio son menores a 3.7% (González-Saldívar, 1990) que en superficies largas aparentan terrenos planos y por lo tanto su exposición es cenital (CONABIO, 2008), circundando a estos lugares se puede observar matorral micrófilo y en las laderas izotal (Frías, 1987; González, 2004; Benítez, 2006; Reyna, 2007).

El grupo de clima característico del Altiplano es del tipo seco BS (García, 1988) y el tipo climático para los pastizales en los que habita el perrito llanero en el Estado de Nuevo León son del tipo árido templado BS<sub>0</sub>kx' (García, 1988; CONABIO, 1998; CONABIO, 2008) con oscilación de temperaturas entre 12 °C y 18 °C, las lluvias son escasas todo el año, el porcentaje mayor se da en invierno, 18% del total anual.

En Coahuila se presenta el tipo BS<sub>1</sub>kw(x') semiseco templado, las temperaturas van de 12 °C y 18 °C con lluvias repartidas todo el año, concentrándose el 18% en las de invierno del total anual.

Para San Luis Potosí, se encuentra un subtipo seco semicálido BS<sub>0</sub>hw(x'), con las mismas temperaturas reportadas para Coahuila, las lluvias se presentan durante el verano y el invierno es frío, la precipitación invernal es mayor al 10.2% del total (García, 1988; CONABIO, 1998; Reyna, 2007; CONABIO, 2008; Estrada-Castillón et al. 2010).

Los suelos que predominan en las áreas ocupadas por perrito en Nuevo León y San Luis Potosí son ligeramente alcalinos (CONABIO, 2008) las unidades presentes son el xerosol háplico, cálcico y gípsico, las unidades del tipo solonchak están presentes en combinación con las primeras y es frecuente hallar fases petrocálcicas y petrogípsicas (INEGI, 1977). En Coahuila, las unidades de suelo que predominan en las áreas del perrito son los phaeozem calcáreo, rendzina, vertisol crómico y chernozem lúvico, son frecuentes las fases petrocálcicas y de ellas las profundas son comunes en las colonias. Las texturas finas son predominantes en las áreas de los tres Estados (INEGI, 1977; CONABIO, 2008) aunque se ha especificado para la mayoría de las colonias un textura migajón-limosa con porcentajes bajos de arena y arcilla (Treviño-Villarreal et al. 1997).

Las comunidades vegetales presentes en los tres Estados en donde habita el perrito son denominadas como pastizales halófilos y gipsófilos, donde es frecuente encontrar géneros y especies de las familias Poaceae, Chenopodiaceae y Frankeniaceae (INEGI-INE, 1996). A estas áreas también se les ha denominado vegetación de pastizal mediano abierto y pastizal amacollado (Frías, 1987; Orta, 1988). Se ha encontrado que la familia Asteraceae es la mayor

representada en estos lugares (35 géneros), seguida por la familia Leguminosae (30 géneros) y en tercer lugar por la familia Poaceae (22 géneros), otras familias presentes son Cactaceae, Solanaceae, Brassicaceae, Scrophulariaceae y Lamiaceae (Estrada-Castillón et al. 2010).

### **Bases de datos disponibles con registros geográficos del perrito llanero**

Se localizaron cinco bases de datos con registros geográficos de las colonias de *C. mexicanus* (Tabla 2.1).

Tabla 2.1. Bases de datos utilizadas para *Cynomys mexicanus*.

Autor(es)	Registros (n)
CONABIO (2009)	109
Scott <i>et al</i> (2004)	54
Treviño-Villarreal y Grant (1998)	94
Ceballos <i>et al</i> (1993)	22
González-Saldívar (1990)	31

Los software usados trabajan con registros geográficos de la especie en estudio (en grados decimales), estos representan la muestra que alimenta al programa y son un requisito necesario para la obtención del modelo del nicho ecológico y distribución geográfica (Scacheti-Pereira, 2001).

### **Tamaño de muestra**

Investigaciones sobre el tema de distribución espacial hacen hincapié en el tamaño de muestra y la distribución geográfica de ellos: al azar, sistemática y conglomerada (Lloyd, 1967; Cochran, 1993; Cressie 1993), se desconoce este efecto en el modelo de nicho del perrito en las bases de datos citadas, se sabe que es necesario un tamaño mínimo de registros que incidirá en el resultado del modelo final (Stockwell y Townsend, 2002). Se usó el criterio del polígono convexo (Tabla 2.2) para obtener muestras pequeñas en función de las bases de datos originales citadas, en la cuales se toman en cuenta las coordenadas más externas (Philip, 1999).

Tabla 2.2. Tamaños de muestra dados por su polígono convexo para *Cynomys mexicanus*.

Autor(es)	Registros <i>n</i>
CONABIO (2009)	5
Scott et al. (2004)	8
Treviño-Villarreal y Grant (1998)	11
Ceballos et al. (1993)	7
González-Saldívar (1990)	11

### **Modelo de nicho ecológico y distribución geográfica**

El modelo de nicho ecológico del perrito se realizó a través de máxima entropía usando Maxent Ver. 2.0, Garp (Genetic Algorithm Rule Prediction) Ver. 1.1.6 y Diva-Gis Ver. 7.1.6.2. Los resultados se trataron a nivel geográfico por medio de la extensión \*.bil, a ellos se les consideró como hábitat potencial para la especie y se le asignó un color a cada clase que representa el nicho Hutchinsoniano.

### **Disminución del rango geográfico de perrito llanero**

De acuerdo con investigaciones en la especie Treviño-Villarreal y Grant (1998) y Scott et al. (2004) han reportado que el rango geográfico del animal ha disminuido en un 67.36 % (de 478 km<sup>2</sup> a 322 km<sup>2</sup>), considerando solo a estos autores se advierte la disminución de la superficie del hábitat del perrito. Los registros de la Tabla 2.1, se adicionaron al resultado geográfico del nicho. En cada caso se construyó un polígono convexo y se determinó el área para cada uno de ellos. Los vértices de cada polígono se tomaron como la muestra más pequeña de registros, haciendo y probando los modelos de nicho para cada caso.

### **Bases de datos bioclimáticas**

Se usó WorldClim Ver. 1.04 (<http://www.worldclim.org/>) con el Datum WGS84, se tomó la información de la zona 22. Las variables usadas están contenidas en Bioclim (Tabla 2.3).

Tabla 2.3. Variables bioclimáticas –Bioclim- de la base de datos Worldclim. Las unidades de las variables 1 a la 11 son en °C (multiplicados por 10) y para la 12 a la 19 en mm.

BIO1 = Temperatura Media Anual, BIO2 = Rango Medio Diurno (Media Mensual (temperatura máxima – temperatura mínima), BIO3 = Isothermalidad (BIO2/BIO7) (\* 100), BIO4 = Temperatura Estacional (desviación estándar \*100), BIO5 = Temperatura Máxima del Mes más Caliente, BIO6 = Temperatura Mínima del Mes más Frío, BIO7 = Rango Anual de Temperatura BIO5-BIO6), BIO8 = Temperatura Media del Trimestre más Húmedo, BIO9 = Temperatura Media del Trimestre más Seco, BIO10 = Temperatura Media del Trimestre más Caliente, BIO11 = Temperatura Media del Trimestre más frío, BIO12 = Precipitación Anual, BIO13 = Precipitación del Mes más Húmedo, BIO14 = Precipitación del Mes más Seco, BIO15 = Precipitación Estacional (Coeficiente de Variación), BIO16 = Precipitación del Trimestre más Húmedo, BIO17 = Precipitación del Trimestre más Seco, BIO18 = Precipitación del Trimestre más Caliente y BIO19 = Precipitación del Trimestre más Frío.

## **Resultados**

No se tomó en cuenta la variable altura en los modelos finales de nicho, en un ensayo se probó la escasa contribución de la misma. Esto quizá porque en el hábitat de las colonias del perrito en el Altiplano Mexicano generalmente se presentan pendientes menores al 3.7% (González-Saldívar, 1990).

### **El nicho ecológico de perrito llanero por máxima entropía**

El software MaxEnt genera una gráfica en la que se observa la distribución geográfica de la especie dada por los registros usados. El programa trabaja por estimación de la verosimilitud de las distribuciones aleatorias que se ajustan mejor a los registros (Phillips et al. 2006; Sowah, 2007). Dado que el programa toma pixeles (con resolución de 0.93 x 0.93 km) verificando presencia/ausencia de registros del perrito, este inicia con un valor de 0 y se va incrementando hasta que se alcanza un patrón asintótico, con ello se relaciona cada una de las variables bioclimáticas en forma aleatoria. Cuando el programa corre todos los registros y los relaciona con todas las variables bioclimáticas, se asigna en forma estadística un color a cada una de las diez clases o deciles de la distribución uniforme final, dada por la comparación de los registros de la presencia del perrito (Phillips et al. 2006). A cada clase se le da un nombre o asignación, con lo cual se obtiene una categoría de nicho o calidad del mismo, para este estudio fueron tomadas las citadas por Sowah (2007) y se presentan en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4. Clases consideradas para los modelos de MaxEnt para asignar calidad al nicho ecológico del perrito llanero

Probabilidad de ocurrencia (%)	Clase	Descripción de la clase
0-10	1	Extremadamente insostenible
10.1-20	2	Muy insostenible
20.1-30	3	Moderadamente insostenible
30.1-40	4	Regularmente insostenible
40.1-50	5	Insostenible
50.1-60	6	Regular
60.1-70	7	Moderadamente adecuado
70.1-80	8	Adecuado
80.1-90	9	Muy bueno
90.1-100	10	Excelente

Como la máxima entropía se relaciona con el término de temperatura, la clase 10 toma el color de rojo (mayor temperatura, que no necesariamente llega al 100%) y las clases menores reciben un color más atenuado.

Se obtuvieron 5 modelos para los registros de la Tabla 2.1 y 2.2, el resumen se presenta en la Tabla 2.5. Se tomaron en cuenta Ajuste ROC (%), AUC entrenamiento y AUC datos de prueba.

Tabla 2.5. Criterios de elección para modelos de nicho ecológico del perrito llanero usando Maxent

Registros	<i>n</i>	Ajuste ROC (%)	AUC entrenamiento	AUC datos de prueba	Polígono convexo	<i>n</i>	Ajuste ROC (%)	AUC entrenamiento	AUC datos de prueba
CONABIO (2009)	109	< 50%	0.989	0.990	CONABIO (2009)	5	> 50%	0.969	0.812
Scott et al. (2004)	54	< 50%	0.989	0.983	Scott et al. (2004)	8	> 50%	0.985	0.953
Treviño-Villarreal y Grant (1998)	94	< 50%	0.995	0.993	Treviño-Villarreal y Grant (1998)	11	< 50%	0.964	0.610
Ceballos et al. (1993)	22	< 50%	0.983	0.974	Ceballos et al. (1993)	7	< 50%	0.925	0.529
González Saldívar (1990)	31	< 50%	0.998	0.996	González Saldívar (1990)	11	< 50%	0.979	0.980

Se excluyen los resultados dados por Garp, debido a que son necesarios  $n = 50$  registros (Stockwell y Townsend, 2002), de los obtenidos ninguno tuvo un buen ajuste. También se omiten los resultados dados por Diva, ya que carecen de pruebas estadísticas para su comparación.

De la Tabla 2.5, los modelos más aceptables son los generados por los registros de Scott et al. (2004), González Saldívar (1990) y Treviño-Villarreal y Grant (1998), estos se muestran en la Figura 2.1, Figura 2.2 y Figura 2.3. De acuerdo con la revisión de literatura son los que han trabajado con el rango geográfico de la especie y son los que ha aportado las superficies en 1990, 1998 y 2004, respectivamente. Los tres modelos generan un escenario posible y de acuerdo con la revisión de literatura se complementan y nos dan una visión de los años 1950 al 2000 del nicho ecológico del perrito.

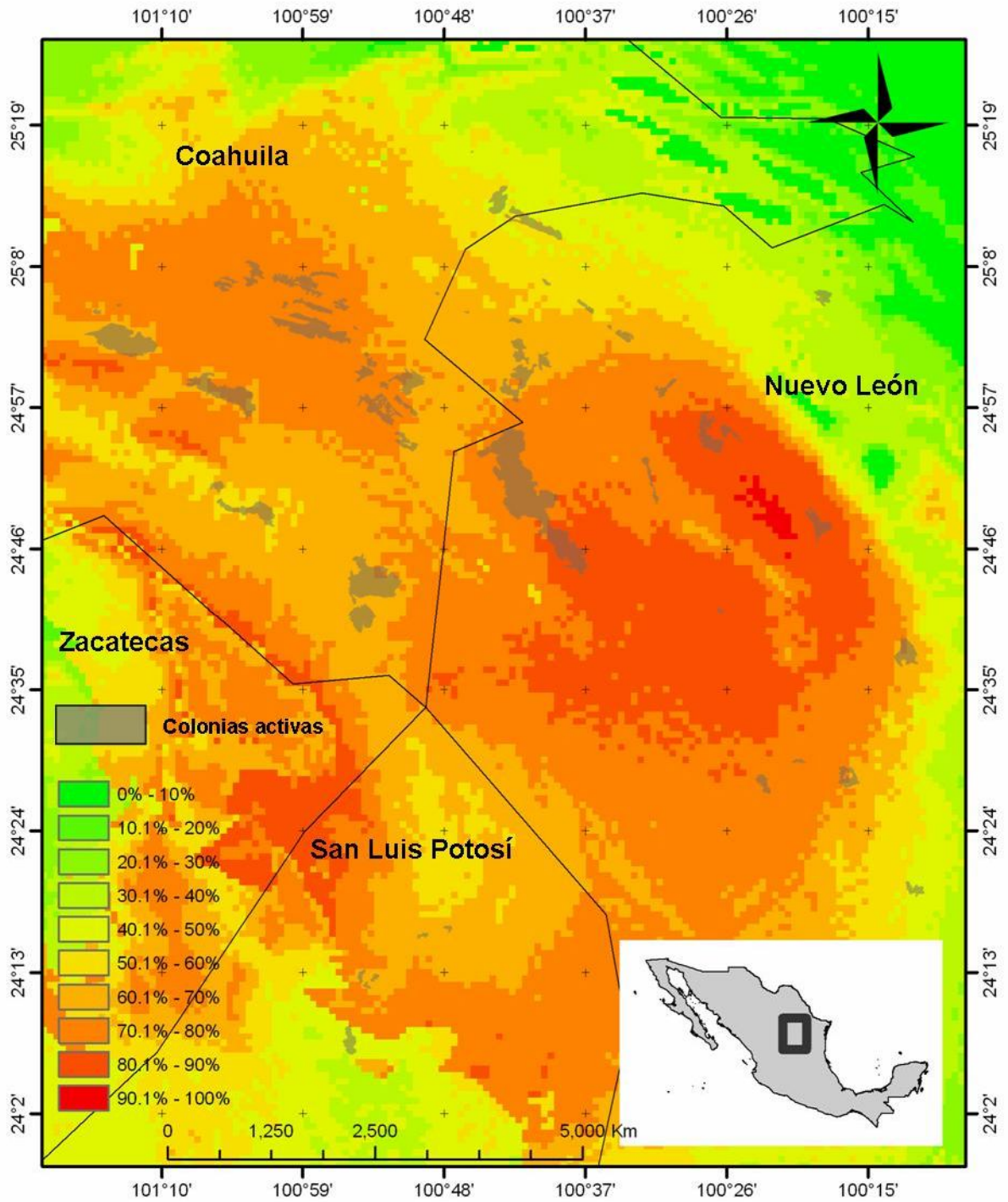


Figura 2.1. Modelo de nicho ecológico de *C. mexicanus* por máxima entropía usando registros de Scott et al. (2004),  $n = 8$ .



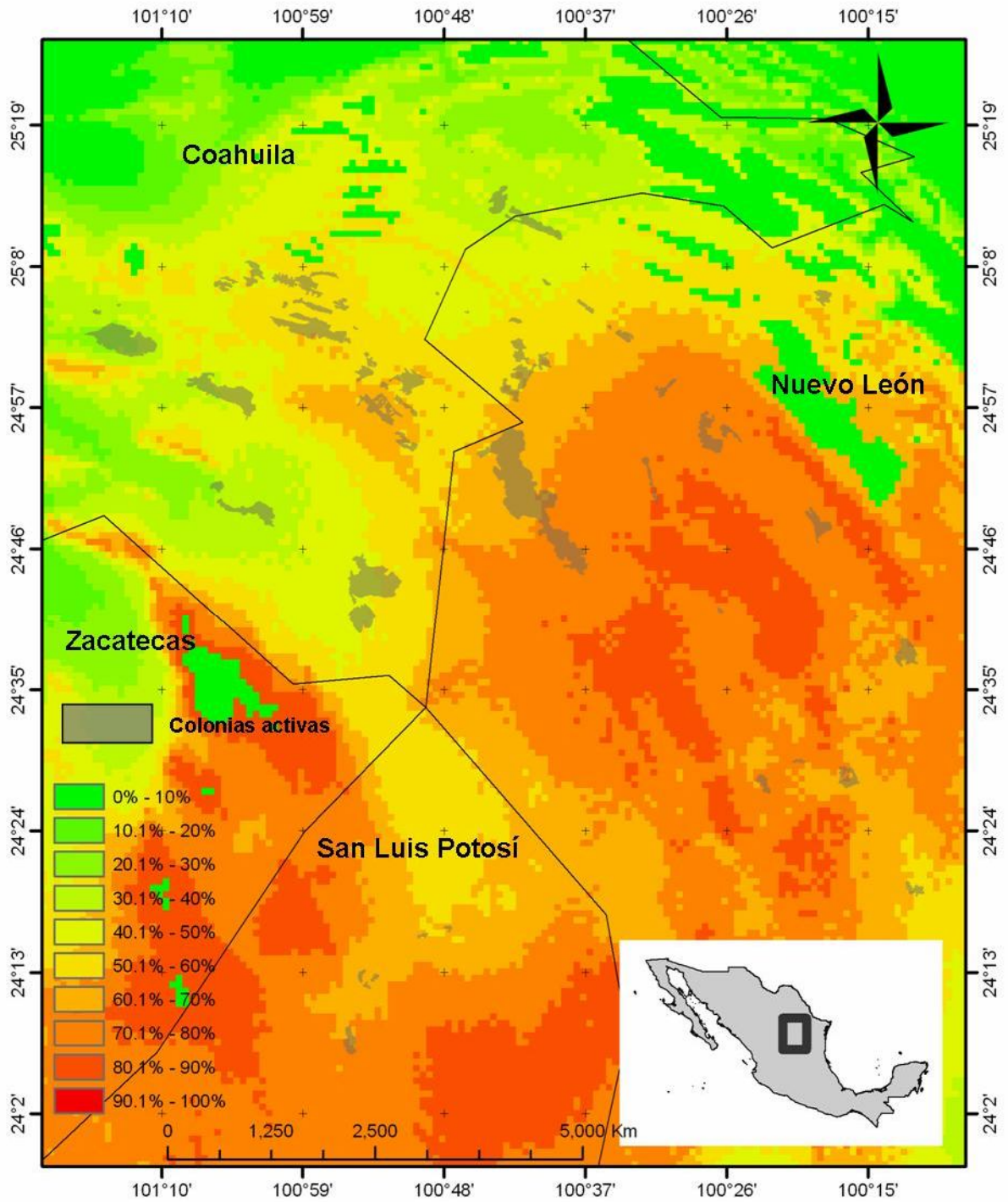


Figura 2.2. Modelo de nicho ecológico de *C. mexicanus* por máxima entropía usando registros de González Saldívar (1990),  $n = 11$ .

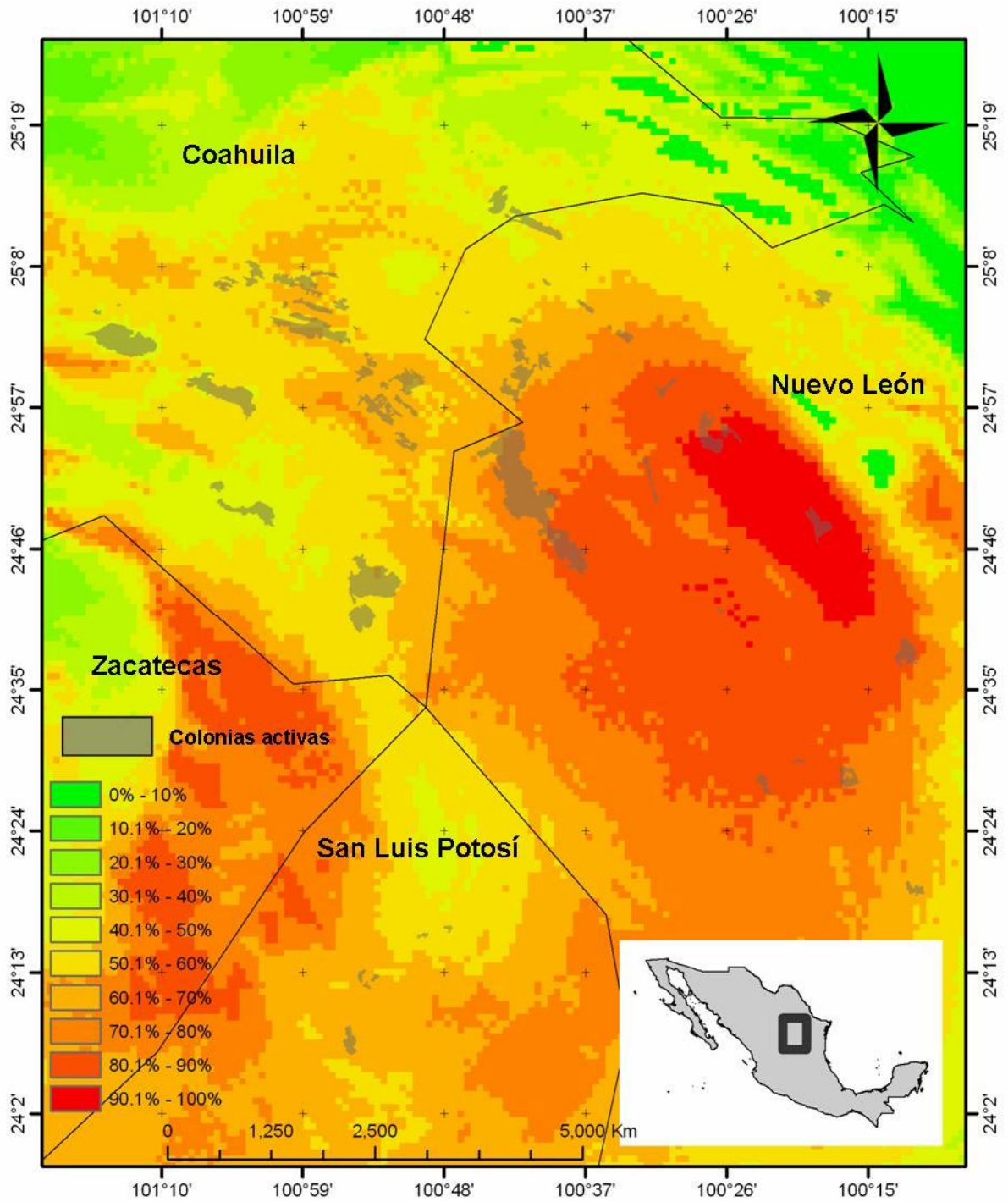


Figura 2.3. Modelo de nicho ecológico de *C. mexicanus* por máxima entropía usando registros de Treviño-Villarreal y Grant (1998),  $n = 11$ .

Tabla 2.6. Escenarios posibles para tres modelos de nicho ecológico de *C. mexicanus*.

Estado	Escenario 1 Scott et al (2004)	Escenario 2 González-Saldívar (1990)	Escenario 3 Treviño-Villarreal y Grant (1998)
Coahuila	<p>Este escenario se caracteriza porque la mayoría de las colonias caen en la categoría 7 y 8, moderadamente adecuado y adecuado, respectivamente. Los valores más altos lo presentan las colonias Los Chamalotes y partes de la Perforadora, seguidas por los complejos Los Ángeles, Hormigas y Venados. Este escenario dice que la colonia La India y Los Buñuelos caen en las categorías 7 y 8, pero El Berrendo lo ubica en categoría 5 y 6, insostenible y regular, respectivamente. Para las colonias Artesillas y Emiliano Zapata las ubica en categoría 5, insostenible. Este modelo no explica la actividad de Artesillas como colonia de más de 525 ha.</p>	<p>Este escenario indica que las colonias El Hurón y Gómez Farías caen en la categoría 5 y 6, insostenible y regular, respectivamente. La India en la categoría 5, este modelo no explica su actividad actual. Las colonias Los Buñuelos caen en categoría 4, regularmente insostenible. El Berrendo en categoría 5 insostenible, este modelo explica su no actividad. Las colonias Los Chamalotes, Perforadora, complejos Los Ángeles caen en la categoría 6 y 7, regular y moderadamente adecuado, respectivamente. Las colonias Las Hormigas y Los Venados caen en la categoría 7 moderadamente adecuado. Las colonias Artesillas y Emiliano Zapata caen en la categoría 5 insostenible, este modelo no explica la actividad de estas colonias.</p>	<p>Las colonias El Hurón y Gómez Farías son categorizadas por este escenario como 5 y 6, insostenible y regular, respectivamente. Las colonias Los Chamalotes, Perforadora y los complejos Los Ángeles caen en la categoría 6 y 7 regular y moderadamente adecuado, respectivamente. Las Hormigas y Venados en la categoría 7 moderadamente adecuado. Las colonias La India, El Berrendo, Artesillas y Emiliano Zapata en categoría 5 insostenible, este modelo no explica su actividad. Las colonias Los Buñuelos caen en categoría 4, regularmente insostenible.</p>
Nuevo León	<p>Este escenario indica que este nicho llega a las categorías 8 y 9, adecuado y muy bueno, respectivamente. Entre otras las colonias, La Soledad, La Trinidad, San Joaquín, Llano de Solís, El Potosí y El Rucio, son ejemplos de esta categoría. Las colonias con categorías más bajas son Ciénega del Toro 3, moderadamente insostenible, El Guerrero 4 y 5 regularmente insostenible e insostenible, respectivamente y El Cuije 6, regular. Este escenario indica que las colonias Ciénega del Toro y San Ignacio Texas están en categorías insostenibles, por lo cual el modelo no explica la actividad actual de estas colonias.</p>	<p>Este escenario ubica en categoría 9, muy bueno a las colonias La Soledad, La Trinidad, San Joaquín, Llano de Solís, El Potosí, El Rucio, El Tokio, Refugio de Ibarra, Salinas del Refugio, El Salero y Nueva Primavera. Este escenario categoriza a Ciénega del Toro, El Guerrero, El Cuije, en 5, insostenible y a San Ignacio Texas en 6 regular. Este modelo explica medianamente la actividad de Ciénega de Toro y San Ignacio Texas.</p>	<p>Este escenario llega a las categorías 8, 9 y 10, adecuado, muy bueno y Excelente, esto sucede en las colonias La Soledad, La Trinidad, San Joaquín, Llano de Solís, El Potosí, El Rucio, El Tokio, Refugio de Ibarra, Salinas del Refugio, El Salero, Nueva Primavera. La colonia San Ignacio Texas cae en la categoría 7, moderadamente adecuado. Las colonias Ciénega del Toro y El Cuije cae en la categoría 6 regular. El Guerrero en categoría 5 y 6, insostenible y regular. Este modelo si explica la actividad de Ciénega del Toro, San Ignacio Texas y El Cuije.</p>

Tabla 2.6. Escenarios posibles para tres modelos de nicho ecológico de *C. mexicanus*. Continuación...

<p><b>San Luis Potosí</b></p>	<p>Este escenario explica la disminución del rango geográfico de las colonias activas hacia el sur del Estado, los valores caen en la categoría 4, regularmente insostenible. El Manantial cae en la clase 5, insostenible. Las colonias del Gallo 1, 2 y 3 están en la categoría 7 y 8 moderadamente adecuado y adecuado, respectivamente. Las colonias de Tanque de López y El Salado caen en la categoría 7 moderadamente adecuado. Este escenario pone en peligro teórico a El Manantial.</p>	<p>El modelo de este escenario coloca a todas las colonias en categoría 5, insostenible.</p>	<p>Todas las colonias de este escenario caen en la categoría 6 y 7 regular y moderadamente adecuado.</p>
-------------------------------	---	--	--

## Conclusiones

Las dimensiones del nicho ecológico de *C. mexicanus*, se muestran en los modelos encontrados; cada una de las dimensiones del nicho Hutchinsoniano está representado por las variables de Bioclim (Tabla 2.3). Las variables BIO1 = Temperatura Media Anual; BIO3 = Isotermalidad (BIO2/BIO7) (\*100); BIO4 = Temperatura Estacional (desviación estándar \*100); BIO5 = Temperatura Máxima del Mes más Caliente y BIO7 = Rango Anual de Temperatura (BIO5-BIO6) no tuvieron contribución en el ajuste del modelo; las de mayor contribución fueron las de precipitación, BIO16 = Precipitación del Trimestre más Húmedo = 44.4% y BIO15 = Precipitación Estacional (Coeficiente de Variación) = 33.4%. De los registros usados (Tabla 2.1 y 2.2), los mejores ajustes se dieron en los modelos por máxima entropía de tamaño  $n = 8$  y  $n = 11$ , se escogieron por los valores más altos de AUC y ajustes mayores al 50% en ROC. A pesar de que los registros de la Tabla 2.1 son de tamaño mayor, los de la Tabla 2.2 mostraron mejor ajuste en los modelos de nicho ecológico, siendo la distribución espacial de los datos el factor que influyó en ello, misma que se demostró en este trabajo para *C. mexicanus*.

Para el caso de *C. mexicanus*, fue posible observar que un conjunto de registros  $n = 8$  y  $n = 11$  pueden dar diferentes escenarios posibles de distribución de hábitat potencial; inclusive dos bases de datos con tamaño igual (Tabla 2.5) ajustan modelos de nicho ecológico con valores de AUC y ROC distintos, de aquí que nuevamente queda probado que el patrón espacial de los registros tiene un efecto directo en el modelo de nicho.

Usar bases de datos con inconsistencias como la de CONABIO (2009) mostraron ajustes equivocados (Tabla 2.5), una manera de depurar los registros es con un polígono convexo, que a su vez genera una base de datos pequeña y elimina las inconsistencias geográficas de la primera, aunque cambia el patrón espacial de la información. La recomendación es no usarla o en su caso construir una nueva (ver capítulo III).

Los tres escenarios dados por los modelos mejor ajustados (Tabla 2.5) explican la amplitud del rango geográfico en forma distinta para *C. mexicanus*, el primero de ellos (Scott et al. 2004;  $n = 8$ ; Figura 2.1) da poco sustento a la permanencia de colonias de perrito llanero hacia el oeste

y sur, incluso podría interpretarse como la extinción de la actividad de *C. mexicanus* en el Estado de San Luis Potosí; los mismos registros muestran que el nicho ecológico del Estado de Coahuila es mejor que el de Nuevo León y las observaciones hechas en campo lo contradicen. A pesar de que este modelo presentó los mejores ajustes, se prefirió tomarlo como un escenario posible de nicho ecológico.

El escenario del modelo de González Saldívar (1990),  $n = 11$ ; Figura 2.2, indica que el Estado de Nuevo León tiene la mejor calidad de nicho, seguido por el Estado de Coahuila y al final San Luis Potosí, las observaciones hechas en campo y la revisión de literatura confirman lo dicho por este modelo, sin embargo, no es posible explicar completamente todas las situaciones del nicho ecológico de *C. mexicanus*; caso similar es el escenario de Treviño-Villarreal y Grant (1998),  $n = 11$ ; Figura 2.3, que si bien tiene menor ajuste que los anteriores, explica el rango geográfico de las colonias que los predecesores no incluyen y por otro lado muestra que hay colonias que están en un hábitat no propicio, cuando los otros modelos lo contradicen.

Bases de datos distintas en la misma especie, darán distintos modelos, las cuales estarán influenciadas por el patrón espacial de los registros, su elección deberá considerarse para obtener el mejor ajuste según las pruebas estadísticas disponibles en el software usado. En el caso de *C. mexicanus*, en registros con  $n$  pequeñas, fueron las mismas variables bioclimáticas las que contribuyeron en distintos porcentajes a los mejores ajustes de los modelos presentados, es decir, son las variables de precipitación las que representan mejor el nicho Hutchinsoniano de perrito llanero mexicano y, la no contribución de las variables de temperatura pueden explicarse porque los animales se han aclimatado y adaptado al hábitat donde se les encuentra, variable que han podido superar con la construcción de madrigueras.

## Literatura citada

Arriaga, L., J. M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa. 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Escala 1:1000000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D. F. 609 pp.

Benítez, Martínez J. V. 2006. Comportamiento e influencia del perrito de llanero (*Cynomys mexicanus* Merriam) en el pastizal mediano abierto. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 73 pp.

Ceballos, G., E. Mellink y L. Hanebury. 1993. Distribution and conservation status of prairie dogs *Cynomys mexicanus* and *Cynomys ludovicianus* in Mexico. *Biological Conservation*. 63: 105-112.

Cochran, G. W. 1993. Técnicas de muestreo. CECSA. 10a. reimp. México. 513 pp.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 1998. Climas (clasificación de Köppen, modificado por García, E.). Escala 1:1000000. Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2004. Regiones Terrestres Prioritarias. Escala 1:1000000. México. Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2008. Capital natural de México. Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 620 pp.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2009. *Cynomys mexicanus* (perro llanero mexicano). Distribución conocida. Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Cressie, N. A. C. 1993. Statistics for spatial data. Wiley. 900 pp.

Day R. L., K. N. Laland, y F. J. Odling-Smee. 2003. Rethinking adaptation: The niche-construction perspective. *Perspectives in Biology and Medicine*. 46(1): 80-95.

Erwin, D. H. 2008. Macroeolution of ecosystem engineering, niche construction and diversity. *Trends in Ecology and Evolution*. 23(6): 304-310.

Estrada-Castillón, E., L. Scott-Morales, J. A. Villarreal-Quintanilla, E. Jurado-Ybarra, M. Cotera-Correa, C. Cantú-Ayala, y J. García-Pérez. 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.

Frías Hernández, J. A. 1987. Consistencia y similitud de las dietas de bovino y perrito de las praderas mexicano (*Cynomys mexicanus* Merriam) en un pastizal mediano abierto. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 116 pp.

García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4a. edición. Talleres de offset Larios. 217 pp.

González-Saldivar, F. N. 1990. Der Präriehund (*Cynomys mexicanus* Merriam, 1892) im nordosten Mexikos. Entwicklung eines Modelles zur Beurteilung seines Lebensraumes. Ph.D. Dissertation, Ludwig-Maximilian-Universität, München, Deutschland. 45 pp.

González Domínguez, J. L. 2004. Colonización espacio-temporal de perrito llanero (*Cynomys mexicanus*) en relación al paisaje en el rancho los Ángeles. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 53 pp.



Hijmans, R. J., S. E. Cameron, J. L. Parra, P. G. Jones, y A. Jarvis. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978.

Hirzel, H. A., y L. G. Lay. 2008. Habitat suitability modelling and niche theory. *Journal of Applied Ecology*. 45: 1372–1381.

Hutchinson, G. E. 1957. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*. 22:415-427.

Hutchinson, G. E. 1979. *El teatro ecológico y el drama evolutivo*: Editorial Blume. 151 pp.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1977. Carta edafológica. G14C74. Escala 1:50,000 (El Salado). Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1977. Carta edafológica. G14C84. Escala 1:50,000 (San Vicente). Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1977. Carta edafológica. F14A14. Escala 1:50,000 (Cedral). Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1977. Carta edafológica. G14C42. Escala 1:50,000 (Sierra el Laurel). Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1977. Carta edafológica. G14C43. Escala 1:50,000 (Agua Nueva). Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1977. Carta edafológica. G14C44. Escala 1:50,000 (Huachichil). Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1977. Carta edafológica. G14C53. Escala 1:50,000 (Gómez Farías). Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1977. Carta edafológica. G14C54. Escala 1:50,000 (La Hediondilla). Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1977. Carta edafológica. G14C64. Escala 1:50,000 (El Salvador). Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1977. Carta edafológica. G14C42. Escala 1:50,000 (Sierra el Laurel). Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1977. Carta edafológica. G14C34. Escala 1:50,000 (Arteaga). Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1977. Carta edafológica. G14C45. Escala 1:50,000 (San Rafael). Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1977. Carta edafológica. G14C46. Escala 1:50,000 (Rayones). Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1977. Carta edafológica. G14C55. Escala 1:50,000 (La Paz). Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1977. Carta edafológica. G14C56. Escala 1:50,000 (Galeana). Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1977. Carta edafológica. G14C65. Escala 1:50,000 (El Carmen). Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1977. Carta edafológica. G14C66. Escala 1:50,000 (Raíces). Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1977. Carta edafológica. G14C75. Escala 1:50,000 (El Canelo). Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1977. Carta edafológica. G14C76. Escala 1:50,000 (Berlangua). Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) – Instituto Nacional de Ecología (INE). 1996. Uso de suelo y vegetación Agrupado por CONABIO (1998). Escala 1:1000000. Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

Kostelnick, J. C., D. C. Peterson, S. L. Egbert, K. M. McNyset, y J. F. Cully. 2007. Ecological niche modeling of black-tailed prairie dog habitats in Kansas. *Transactions of the Kansas Academy of Science*. 110(314): 187-200.

Lloyd, M. 1967. 'Mean Crowding'. *Journal of Animal Ecology*. 36(1): 1-30.

Odling-Smee, F. J., K. N. Laland, y M. W. Feldman. 2003. Niche construction: The neglected process in evolution. *Monographs in population biology*. 37. Princeton University Press. 462 pp.

Orta, Dávila A. 1988. Influencia del perrito de la pradera (*Cynomys mexicanus* Merriam) en la vegetación y suelo del pastizal mediano abierto en Coahuila. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 140 pp.

Philip N. P. 1999. Animal movement analysis arcview extension. USGS. 28 pp.

Phillips, S. J., R. P. Anderson, y R. E. Schapired. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*. 190: 231–259.

Pianka, Eric R. 1988. *Evolutionary ecology*. 4a.ed. Harper and Row. 467 pp.

Reyna González, L. N. 2007. Caracterización de suelos de colonias del perrito llanero (*Cynomys mexicanus* MERRIAM) en Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. 48 pp.

Scachetti-Pereira, R. 2001. Desktop GARP. Disponible en línea (<http://nhm.ku.edu/desktopgarp/>) Accesado Mayo 14, 2009.

Scott-Morales, L., E. Estrada, F. Chavez-Ramírez, y M. Cotera. 2004. Continued decline in geographic distributions of the Mexican prairie dog (*Cynomys mexicanus*). *Journal of Mammalogy*. 85(6):1095-1101.

Sowah, L. P. 2007. Modelling the probability of occurrence of *Salamandra salamandra* in relation to environmental parameters: A case study of Andalusia, southern Spain. MSc. Dissertation. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC). The Netherlands. 58 pp.

Stockwell, D. y D. Peters. 1999. The GARP modeling system: Problems and solutions to automated spatial prediction. *International Journal of Geographical Information Science*. 13(2):143–158.

Stockwell, D. y A. P. Townsend. 2002. Effects of sample size on accuracy of species distribution models. *Ecological Modeling*. 148:1–13.

Stockwell, D. 2007. Niche modeling. Predictions from statistical distributions. Chapman and Hall. 197 pp.

Treviño-Villarreal, J., W. Grant, y A. Cardona-Estrada. 1997. Characterization of soil texture in Mexican prairie dog (*Cynomys mexicanus*) colonies. *The Texas Journal of Science*. 49(3): 207-214.

Treviño-Villarreal, J. y W. Grant. 1998. Geographic range of the endangered Mexican prairie dog (*Cynomys mexicanus*). *Journal of Mammalogy*. 79(4):1273-1287.

Vázquez, P. D. 2005. Reconsiderando el nicho Hutchinsoniano. *Ecología Austral*. 15: 149-158.

Wiley, E. O., K. M. McNyset, A. Townsend, C. R. Robins, y A. M. Stewart 2003. Niche modeling and geographic range predictions in the marine environment using a machine-learning algorithm. *Oceanography*. 16(3):120–127.

### **Capítulo III. Análisis retrospectivo de la distribución geográfica del perrito llanero mexicano *Cynomys mexicanus*, con base a 25 años de registros de colecta (1985-2010).**

Dino Ulises González Uribe<sup>1\*</sup>, Eduardo Estrada Castellón<sup>1</sup>, César Cantú Ayala<sup>1</sup>, Fernando González Saldívar<sup>1</sup>, Humberto González Rodríguez<sup>1</sup> y Heriberto Díaz Solís<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, N.L. 67700, AP 41

<sup>2</sup>Departamento de Recursos Naturales, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, 25315

\*Autor de correspondencia: digon\_mx@yahoo.com

Parte de este material será publicado en la Revista CiENCiAUANL

en el Volumen XV Número 1 del 2012

González-Uribe, D. U., E. Estrada-Castillón y C. Cantú-Ayala. 2012. Análisis de fragmentación en colonias del perrito llanero mexicano (*Cynomys mexicanus*), en el Noreste de México. Ciencia UANL. XV(1). 6 pp.

#### **Resumen**

Se actualizó la distribución del rango geográfico del perrito llanero (*Cynomys mexicanus*) en México, incluyendo los reportes de 1993 y 1999 con los cuales se obtuvo la superficie actual ocupada por las colonias activas; también, por revisión de literatura se generó una base de datos geográfica con 109 puntos que indica el rango de la distribución histórica de esta especie. Se comprobaron los sitios de registro en campo y se recorrieron las colonias para medir perímetro y superficie. Usando sensores remotos se cuantificó la distancia lineal más cercana entre parches vecinos, se realizó un análisis de fragmentación para encontrar estadísticas de aislamiento y estado actual de las colonias registradas. Los análisis indicaron que el 47.5% de la superficie con colonias activas actuales se encuentra en Nuevo León (135.1 km<sup>2</sup>), el 50.4% en Coahuila (143.2 km<sup>2</sup>) y el 2.1% en San Luis Potosí (5.9 km<sup>2</sup>). Las superficies ocupadas por las colonias han sido de 478, 322 y 284.2 km<sup>2</sup> la última de estas tres superficies fue registrada en este estudio. En el Estado de San Luis Potosí se registraron 6 colonias, siendo evidente la poca actividad del perrito; en Nuevo León se registraron 24 colonias y en Coahuila 26, atribuyendo el cambio a la interacción; aislamiento y conectividad entre colonias. El rango latitudinal de las colonias disminuyó en San Luis Potosí en 18 km, en Coahuila el rango longitudinal se redujo del oeste en 7.5 km y creció 7 km hacia el norte y en Nuevo León el rango latitudinal creció 17 km hacia el

sur-este. Factores como el pastoreo, agricultura y conectividad entre colonias han contribuido a que el rango geográfico del perrito haya cambiado.

Palabras clave: Análisis de fragmentación, colonia-parche, perrito llanero mexicano, interacción, aislamiento, conectividad, *Cynomys mexicanus*.

### **Abstract**

The geographical distribution range of Mexican prairie dog (*Cynomys mexicanus*) was updated, including the reports of 1993 and 1999 which show the current area occupied by active colonies, also, literature review generated a database of 109 geographical points indicating the historical distribution range of this species. Sites were tested in field recording and touring the colonies to measure perimeter and area. By using remote sensing, nearest lineal distance among neighbors patches was quantified, a fragmentation analysis was carried out to find statistics about isolation and current status of the prairie dog colonies recorded. The results indicated that 47.5% of the current surface of active colonies is located in Nuevo Leon (135.1 km<sup>2</sup>), 50.4% in Coahuila (143.2 km<sup>2</sup>) and 2.1% in San Luis Potosi (5.9 km<sup>2</sup>). The areas occupied by the colonies were 478, 322 and 284.2 km<sup>2</sup> the last of these three surfaces was recorded in this study. In the State of San Luis Potosi 6 colonies were recorded, evidencing the low activity of the prairie dog, 24 in Nuevo Leon and 26 in Coahuila, attributing the change to the interaction, isolation and connectivity among colonies.

Key words: Fragmentation analysis, patch-colony, Mexican prairie dog, interaction, isolation, connectivity, *Cynomys mexicanus*.

### **Introducción**

El perrito llanero mexicano habita en los Estados mexicanos de Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí, su distribución geográfica ha sido estudiada por diversos autores (Pizzimenti y McClenaghan, 1974; Pizzimenti, 1975; González-Saldivar, 1990; Ceballos et al. 1993; Treviño-Villarreal y Grant, 1998; Scott-Morales et al. 2004) de los que se reportan el nombre de la colonia y ubicación, así como sus coordenadas geográficas (latitud y longitud), superficie y altitud entre otras (Pizzimenti y McClenaghan, 1974; Pizzimenti, 1975; González-Saldivar, 1990; Ceballos et al. 1993; Treviño-Villarreal y Grant, 1998; Scott-Morales et al. 2004).

La causa principal de la disminución de su distribución y en consecuencia de la superficie de las colonias, es la actividad humana por agricultura y pastoreo, ambas han ocasionado la fragmentación del hábitat (Ceballos et al. 1993; Treviño-Villarreal y Grant, 1998; Scott-Morales et al. 2004).

Se sabe que el perrito llanero mexicano es una especie endémica (Scott-Morales et al. 2004), está declarada en la categoría de riesgo de extinción por la Unión Mundial para la Naturaleza (IUCN, 2001), y enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 como en peligro de extinción (DOF, 2010).

El estudio más reciente de distribución geográfica en la especie, estimó en 1999 una superficie de 322 km<sup>2</sup> en los tres Estados mencionados, contra 478 km<sup>2</sup> para 1996 (Scott-Morales et al. 2004). Para los años de 1992 y 1993 se identificaron seis colonias inactivas, incluida Ciénega de Rocamontes, Zacatecas, en donde el perrito llanero ya no habita y se considera extirpado de ese Estado (Treviño-Villarreal y Grant, 1998; Scott-Morales et al. 2004). Para el 2004 el número de colonias inactivas en los tres Estados sumaron 22 y el de colonias activas 54 (Scott-Morales et al. 2004).

Los trabajos relacionados al tema citan distintas cifras de la superficie de las colonias, las cuales se ilustran en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Superficies de colonias activas de perrito llanero mexicano *Cynomys mexicanus*

<b>Autor</b>	<b>Superficie km<sup>2</sup></b>
Ceballos y Wilson (1985)	800
Treviño-Villarreal (1990)	800
Ceballos <i>et al</i> (1993)	600
Treviño-Villarreal y Grant (1998)	478*
Scott-Morales <i>et al</i> ( 2004)	322**

\*Los autores mencionan que anterior a 1998 hubo superficies de 768 km<sup>2</sup> y 1,255 km<sup>2</sup>, no justificando esas cantidades. \*\*Los autores calcularon la superficie citada, sin embargo, la cifra real al sumar las cantidades es de 320.83 km<sup>2</sup> (0.36% menos superficie).



Los estudios del rango geográfico en perrito llanero mexicano se han hecho por revisión de literatura, comunicaciones personales y recorridos en campo (González-Saldivar, 1990; Treviño-Villarreal y Grant, 1998; y Scott-Morales et al. 2004), la importancia de éstos es que muestran el patrón de la distribución del organismo en distintos tiempos que es un componente básico de la ecología y unidad básica de la biogeografía (Pianka, 1988; MacKenzie et al. 2006); sin embargo, no se ha realizado una actualización de la superficie de las colonias en los últimos 11 años, por ello se planteó como objetivo de este trabajo comparar los resultados obtenidos por los autores antes referidos (Tabla 3.1), analizando la situación actual de las colonias de *C. mexicanus* a través de un monitoreo en campo.

## **Materiales y Métodos**

### **Área de Estudio**

Se consideró la superficie conocida de colonias de perrito en el Altiplano Mexicano que comprende los Estados de Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí. Se tomaron en cuenta los registros con sus coordenadas geográficas (Tabla 3.1), asimismo, se realizaron recorridos en esas localidades para determinar las colonias activas de *C. mexicanus* (Figura 3.1).

### **Distribución Geográfica**

Se realizaron recorridos a pie usando GPS (eTrex Legend H Garmin) y se circundó el área de las colonias activas en los lugares visitados. Es importante mencionar que se tomó en cuenta las localidades reportadas por Treviño-Villarreal y Grant (1998) con las aclaraciones y resultados de las localidades reportadas por Scott-Morales et al. (2004). Una de las características principales de las colonias es su distribución en comunidades de pastizal (Estrada-Castillón et al. 2010) y el conocimiento de la superficie en cuestión es usado para estudios en otras especies como el gorrión de Worthen (*Spizella wortheni*) (Canales-del Castillo et al. 2010).

Las colonias de perrito llanero identificadas fueron recorridas una a una, el criterio tomado para su identificación fue: ubicar aproximadamente las coordenadas geográficas de los estudios previos (Treviño-Villarreal y Grant, 1998; Scott-Morales et al. 2004); verificar si la actividad de los animales era evidente, y posteriormente, recorrer la colonia por el borde más externo de la misma, considerándolo como el límite de la colonia en cuestión.

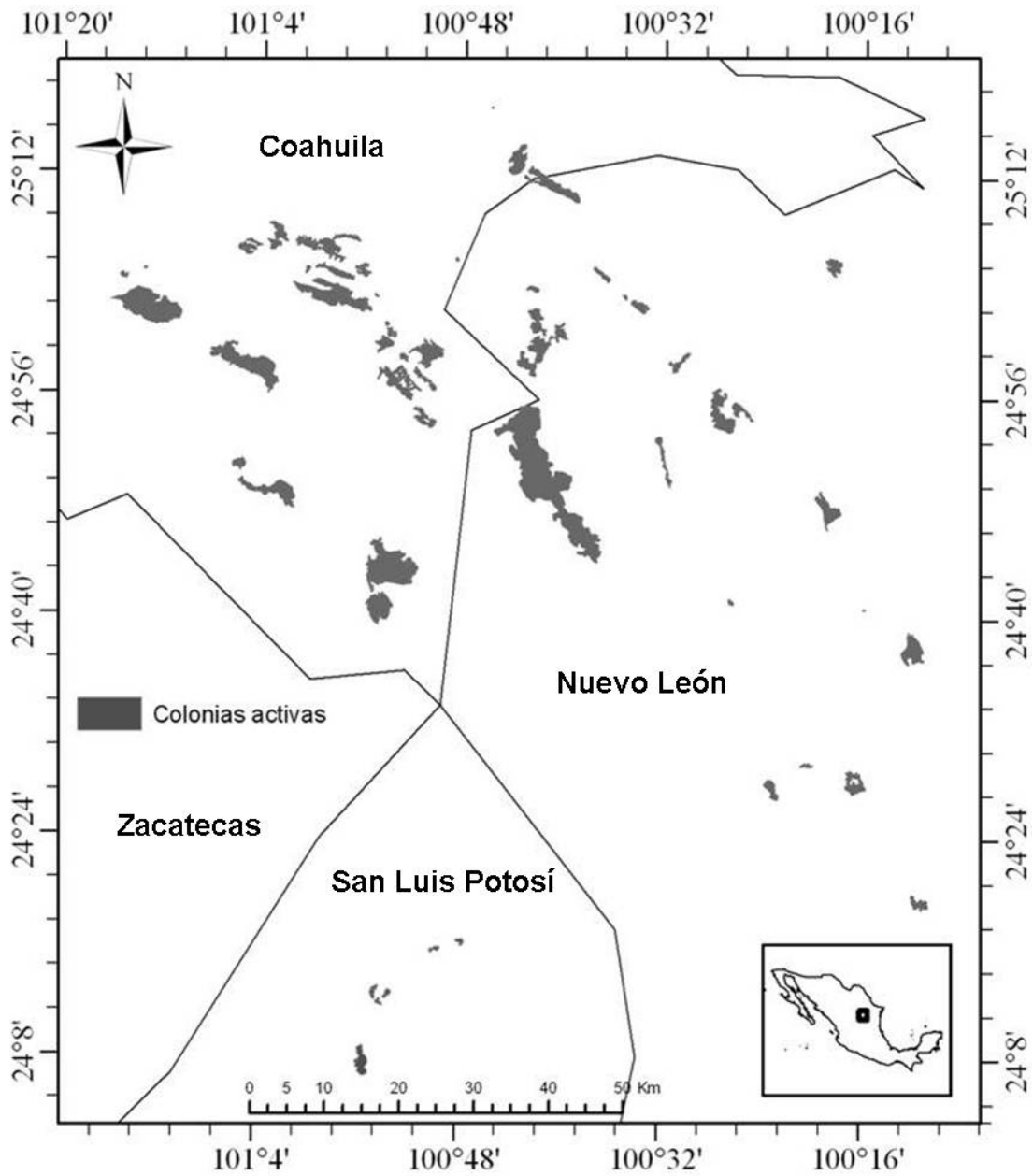


Figura 3.1. Mapa del área de estudio

La información geográfica obtenida con GPS se proyectó en UTM con el Datum WGS84, los datos se procesaron en programas específicos como Maptsource ver. 6.13.6 y ArcView ver 3.2. El producto final obtenido fue la obtención de polígonos de las colonias activas (parches) los cuales fueron procesados para ser vistos en Google Earth ver. 4.3.7204.0836.

## **Análisis Estadístico**

Se realizó un análisis de fragmentación para las colonias activas del perrito llanero (Forman y Godron, 1986; Dramstad et al. 1996; Treviño-Villarreal y Grant, 1998). El cual consiste en relacionar el área de cada colonia con las distancias de los parches vecinos, con lo cual se obtienen tres estimaciones: interacción entre colonias ( $l_i$ ), aislamiento de la colonia ( $r_i$ ) y conectividad ( $a_i$ ) del parche (Treviño-Villarreal y Grant, 1998); la dispersión y formación de colonias en perrito, indica que deben ser tomadas en cuenta dos distancias, una para considerar que se trata de una misma colonia (dispersión intracolonia), dada por 200 m (Marcé, 2001; Scott-Morales et al. 2004; Medrano, 2010) y la segunda que indica hasta donde pueden dispersarse los animales (dispersión intercolonial) y que se ha reportado como de 5000 m (Garret y Franklin, 1988; List, 1997; Marcé, 2001).

$$(1) l_i = \sum_{j=1}^n \frac{A_j}{d_{ij}^2} \quad (2) r_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n d_{ij} \quad (3) a_i = \sum_{j=1}^n d_{ij}$$

Donde:  $n$  = número de colonias vecinas consideradas,  $A_j$  = Área de la  $j$ -ésima colonia en consideración y  $d_{ij}$  = distancia entre la  $i$ -ésima y  $j$ -ésima colonia.

## **Análisis de fragmentación**

Se usó FRAGSTATS ver. 3.3 (McGarigal y Marks, 1994) y Patch Analyst ver. 3.1 (Elkie et al. 1999) para obtener los valores de  $l_i$  (interacción);  $r_i$  (aislamiento) y  $a_i$  (conectividad). No se tomaron en cuenta las distancias lineales que fueron interrumpidas por barreras geográficas entre colonias vecinas.

Al usar Patch Analyst (Elkie et al. 1999) dentro de ArcView 3.2 se obtuvo una base de datos de áreas de las colonias, este mismo resultado fue confirmado en FRAGSTATS (McGarigal y Marks, 1994) el cual arrojó los valores de  $l_i$ ,  $r_i$  y  $a_i$  para cada una de las colonias activas. Se observó que este último análisis viene de un archivo grid (extensión propia de programas de sistemas de información geográfica como ArcView) el cual sobreestima los índices buscados, también aumenta los bordes de cada una de las colonias y considera todas las colonias vecinas a 5000 m de distancia, aún con barreras geográficas; así que se generó una matriz de doble entrada en donde se consideró la distancia posible entre la  $i$ -ésima y  $j$ -ésima colonia. Las mediciones fueron realizadas en ArcView y confirmadas en Google Earth (Tabla 3.3).

## **Resultados**

### **Base de datos con los registros geográficos históricos de *C. mexicanus***

La revisión de literatura proporcionó una base de datos con los registros históricos de la distribución geográfica del perrito llanero, se tomaron los 112 registros citados en el apéndice de Treviño-Villarreal y Grant (1998) y se colocaron en Google Earth para obtener las coordenadas geográficas. Del total, se halló que dos de los puntos estaban repetidos y uno no se pudo ubicar en las cartas de INEGI ni en SIMBAD (INEGI, 2010) por lo que sólo se consideraron 109 puntos efectivos (Apéndice 3.1). Existe una base de datos publicada por CONABIO (2009) la cual hace referencia a 109 ubicaciones de colonias de los animales, coincide en tamaño con la nuestra, sin embargo, las citas fueron verificadas y éstas no proporcionaron la información para hacer creíble a la misma, inclusive una sola ubicación fue representada con más de un punto. También hubo discrepancias en localidades reportadas con ubicaciones erróneas en el trabajo de 1998 para las colonias inactivas de A. Rancho Santa Ana D, San Luis Potosí; Ciénega de Rocamontes, Zacatecas; D. El Compromiso, Nuevo León y E. Valle Los Rodríguez, Coahuila, concluyendo en todos los casos que son incorrectas, ya que al ubicar las coordenadas geográficas en el programa Mapsource ver. 6.13.6 y Google Earth se notaron grandes discrepancias (tales como el punto se proyectaba en pendientes muy pronunciadas, en montañas o fuera del rango histórico), al confirmar las ubicaciones en cartas de INEGI y Google Earth se corrigieron. La base de datos incluye los Estados de Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí y Zacatecas, esta última con sus colonias extintas a la fecha. Se asume que la base de datos es adecuada para ser usada como referencia del rango histórico del perrito llanero en México considerando el Datum WGS84.

### **Rango geográfico actual**

Los recorridos en campo proporcionaron la superficie actual ocupada por perrito llanero en el Altiplano Mexicano. En la Tabla 3.2, se presentan los datos estimados para el 2010, para los Estados de Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí. Se incluyeron los resultados para 1998 y 2004 con fines de comparación.

Se revisó en el Estado de Zacatecas la presencia de perrito y no se hallaron evidencias de colonias activas. Se aclara que en el 2010 se encontró una reintroducción en el municipio de Tanque Nuevo dentro de las coordenadas geográficas 25°20'19.66" N y -101° 3'51.39" O, los pobladores de esta localidad refieren que hubo perrito en forma natural en esta área, sin embargo, no fue

incluida en el rango geográfico por considerar que no se trata de una colonia natural o causada por la dispersión de la especie, aunque si se reconoce el esfuerzo de conservación para perrito.

Tabla 3.2. Superficie en hectáreas (ha), porcentaje de la superficie ocupada (%) y número de colonias por Estado para 1998, 2004 y actual para perrito llanero mexicano.

Estado	Treviño-Villarreal y Grant (1998)		Scott-Morales et al. (2004)		Actual	
	Coahuila	sup (ha)	11250	sup (ha)	8200	sup (ha)
sup (%)		24	sup (%)	25.4	sup (%)	50.4
Número de Colonias		36	Número de Colonias	20	Número de Colonias	26
Nuevo León	sup (ha)	35470	sup (ha)	23400	sup (ha)	13,511.352
	sup (%)	74	sup (%)	72.5	sup (%)	47.5
	Número de Colonias	32	Número de Colonias	24	Número de Colonias	24
San Luis Potosí	sup (ha)	950	sup (ha)	550	sup (ha)	593.415
	sup (%)	2	sup (%)	1.9	sup (%)	2.1
	Número de Colonias	20	Número de Colonias	10	Número de Colonias	6
<b>Superficie Total (ha)</b>		47,670.0		32,150.0		28,422.6
<b>Colonias Totales</b>		88		54		56

La Tabla 3.2, muestra que en el Estado de Coahuila se tiene el 50.4% de la superficie actual de colonias activas de perrito, en los reportes de 1998 y 2004 ésta había sido del 24 y 25.4%, respectivamente. Se encontraron 26 colonias de las 36 reportadas en 1998 y 20 en el 2004. El aumento de 61.2 km<sup>2</sup> en superficie y número de colonias activas es notable en el Estado, aunque contrasta en dirección al oeste rumbo a la última colonia activa, “La India”, que se conecta con “Buñuelos 1” y “Buñuelos 2”. En 2004, se reportó la colonia “El Berrendo”, la que no tiene actividad y por lo tanto el rango se redujo en esta dirección en 7.5 km.

En dirección hacia norte de las colonias activas de Coahuila se encontró una colonia a la que en el presente estudio, se le asignó el nombre de “Emiliano Zapata” y que no había sido reportada en 1998 y 2004, la cual cae dentro del rango geográfico histórico (Apéndice 3.1). Se obtuvo que el rango de distribución actual, aumentó en esa dirección en 7 km.

En el Estado de Nuevo León, la superficie de 135.1 km<sup>2</sup> actual, equivale al 47.5% de colonias activas en el Altiplano Mexicano, la cual había sido del 74% y el 72.5% en 1998 y 2004, respectivamente, la reducción fue de 98.9 km<sup>2</sup>, el número de colonias registradas en este estudio fue de 24, coincidiendo con las del 2004, aunque la disminución en superficie ha puesto al Estado en segundo lugar, cuando éste había presentado casi tres cuartas partes de las áreas activas de

perrito. Sin embargo, observamos en dirección al sureste de las colonias activas una colonia nueva que llamamos San Ignacio Texas, la cual no fue reportada anteriormente con esto, el rango geográfico aumentó en 17 km en esa dirección.

Para el Estado de San Luis Potosí, las superficies registradas han sido de 9.5; 5.5 y 5.9 km<sup>2</sup>, esta última encontrada en 2010, se registró un aumento en 0.4 km<sup>2</sup> en contraste con la disminución de colonias de 20; 10 y 6 además, el rango geográfico disminuyó en la parte sur de colonias activas en 18 km, no se encontraron colonias nuevas; varias de éstas, mencionadas en 1998 y 2004. No se observaron actividades agrícolas y en pocos casos, se observó pastoreo en las colonias activas. De los reportes conocidos, San Luis Potosí es el Estado que ha tenido los números más bajos en actividad de perrito.

Las áreas de las colonias de perrito llanero mexicano, se dividieron en cinco categorías de superficie, 1) menos de 1 ha; 2) 1.1 a 10 ha; 3) 10.1 a 100; 4) 100.1 a 1,000 ha y 5) más de 1,000.1 ha (Marcé, 2001). En la Figura 3.2 se muestra la distribución de las colonias y en la Tabla 3.3 las estadísticas de fragmentación.

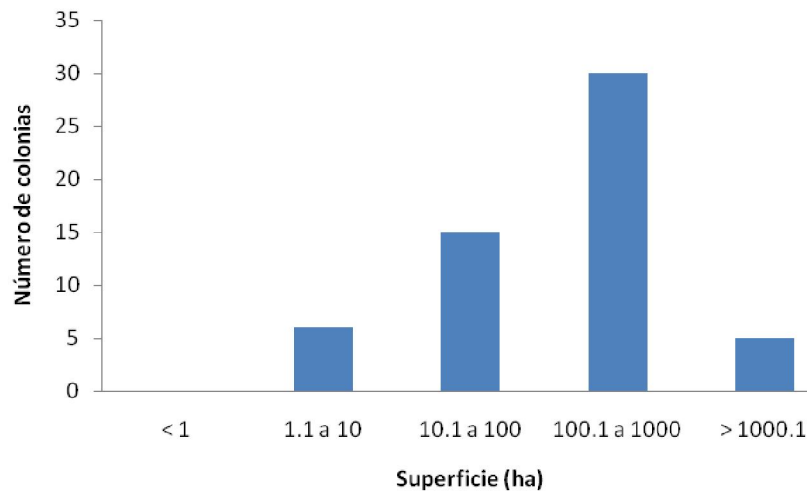


Figura 3.2. Áreas de las colonias de perrito llanero mexicano por categorías de superficie.

Tabla 3.3. Colonias activas de perrito llanero mexicano, con superficie (ha), número de colonias vecinas ( $n$ ) e índices de interacción ( $l_i$ ), aislamiento ( $r_i$ ) y conectividad ( $a_i$ ).

Estado	Nombre de la colonia	Categoría	$n$	$l_i$	$r_i$	$a_i$
Coahuila	Emiliano Zapata	2	0	0.0	0.0	0.0
	Buñuelos 1 (El Charco)	2	2	3.5	2476.0	4951.9
	El Cercado 4	2	5	11.8	3075.6	15378.1
	El Cercado 3	3	5	56.5	2994.9	14974.6
	Rancho Los Angeles 4	3	3	16.3	1397.1	4191.3
	Buñuelos 2	3	2	5.9	2167.3	4334.6
	Chamalote 1	3	3	27.9	2001.7	6005.0
	Las Hormigas 2	3	5	27.5	1718.0	8590.0
	El Cercado 5 y 6	4	4	9.6	2079.0	8315.9
	El Venado 2 y 3	4	5	6.1	1429.7	7148.6
	Las Hormigas 3, 4 y 5	4	5	18.7	2041.4	10206.8
	San Juan del Retiro	4	1	7.9	1045.8	1045.8
	Chamalote 2	4	2	8.1	1025.4	2050.7
	Puyas 1 y 2	4	0	0.0	0.0	0.0
	Rancho Los Angeles 3	4	5	28.7	1350.6	6753.0
	El Cercado 1 y 2	4	6	6.4	2401.3	14408.0
	Rancho Los Angeles 1	4	3	7.1	1356.9	4070.6
	Artesillas	4	1	10.2	860.0	860.0
	Las Hormigas	4	5	6.3	2037.0	10185.0
	Rancho Los Angeles 2	4	6	7.8	2462.4	14774.2
	Encarnación Guzmán	4	1	1.3	1045.8	1045.8
	El Hurón 3	4	1	82.6	544.7	544.7
	Perforadora	5	7	3.5	2322.0	16253.9
	Gómez Farías	5	0	0.0	0.0	0.0
La India	5	2	0.4	2293.3	4586.7	
El Hurón	5	1	29.1	544.7	544.7	
Nuevo León	El Tokio	2	0	0.0	0.0	0.0
	Las Esperanzas	2	1	0.0	4200.0	4200.0
	Lechuzas	2	1	0.0	4200.0	4200.0
	Refugio de Rancherías 2	3	2	2.4	1755.0	3510.0
	El Rucio	3	0	0.0	0.0	0.0
	Salinas del Refugio	3	2	0.3	4380.0	8760.0
	El Cuije	3	1	0.0	4204.0	4204.0
	El Prado	3	3	0.7	746.7	2240.0
	La Providencia	3	3	0.3	3666.7	11000.0
	San Joaquín	4	1	0.0	0.0	0.0
	Refugio de Rancherías 1	4	2	0.2	2470.0	4940.0
	El Erial	4	2	128.6	830.0	1660.0
	La Trinidad 2	4	1	39.0	460.0	460.0
	San Ignacio Texas	4	0	0.0	0.0	0.0
	Llano de Solís	4	0	0.0	0.0	0.0
	Refugio de Ibarra	4	1	0.0	4180.0	4180.0
	Ciénega del Toro	4	0	0.0	0.0	0.0
	La Hedionda 2	4	3	30.4	1390.0	4170.0
	El Salero	4	1	0.0	4580.0	4580.0
	El Potosí	4	0	0.0	0.0	0.0
	Nueva Primavera	4	0	0.0	0.0	0.0
	El Guerrero	4	1	7.1	860.0	860.0
	Hedionda 1	4	3	48.1	1560.0	4680.0
	La Trinidad 1	4	0	0.0	0.0	0.0
La Soledad	5	1	4.8	3910.0	3910.0	
San Luis Potosí	El Gallo 2	3	2	4.2	528.9	1057.8
	Tanque de López	3	1	0.1	2375.0	2375.0
	El Salado	3	1	0.1	2375.0	2375.0
	El Gallo 3	3	2	1.4	892.9	1785.8
	El Gallo 1	3	2	1.4	873.7	1747.5
El Manantial	4	0	0.0	0.0	0.0	

## Discusión

Los valores de interacción ( $I_i$ ) más bajos se deben a que las colonias no tienen vecindades, lo que las aísla ( $r_i$ ) y no les permite conectividad ( $a_i$ ). Un ejemplo en el Estado de Nuevo León, es la colonia “El Tokio” que ha disminuido su tamaño y su interacción es nula, se encuentra aislada y no tiene conectividad, esto se debe en gran parte al cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*). Las colonias de este Estado son las más fragmentadas, es decir, las de menor interacción, más aisladas y con baja o nula conectividad.

Las colonias de *C. mexicanus* en el Estado de San Luis Potosí están bien conectadas, tienen buena interacción y bajo aislamiento (excepto “El Manantial”), forman un archipiélago con superficies de categoría 3; un caso similar se da en las colonias del Estado de Coahuila, sólo que las categorías 3 y 4 de superficie son las predominantes (Tabla 3.3).

Se observó que en Nuevo León, el cultivo de la papa y alfalfa están presentes en áreas que fueron hábitat de *C. mexicanus*, en años anteriores coincidió con pastoreo, en Estrada-Castillón et al. (2010) puede consultarse los períodos dedicados a esta actividad. En contraste, el Área Natural Protegida (ANP) “Llano La Soledad” cubre colonias de perrito llanero mexicano en la “Hediondilla”, “La Soledad” y “La Trinidad”, quitando presión por fragmentación a estos hábitats. Esta ANP beneficia a muchas especies ligadas a *C. mexicanus*.

En Coahuila, se observó un aumento considerable en la superficie de colonias activas del 71% (de 83 km<sup>2</sup> a 142 km<sup>2</sup>), actualmente es el Estado con mayor superficie de colonias, la agricultura no ejerce alta presión de fragmentación y hay interés en conservar a la especie.

En San Luis Potosí, no se observó agricultura y pastoreo que pudieran ejercer presión de fragmentación en las colonias de este Estado, el análisis estadístico indica que la formación del archipiélago de cinco de las colonias, permite la buena conectividad e interacción entre ellas; la colonia más grande “El Manantial” está aislada del archipiélago y el rango geográfico de *C. mexicanus* se reduce del sur debido al aislamiento y nula interacción de esta colonia.



## **Conclusión**

El hábitat de *C. mexicanus* ha sido afectado por la fragmentación en mayor grado en el Estado de Nuevo León, siendo el cultivo de la papa y alfalfa los más observados en estos lugares. Acciones como la creación del ANP “Llano La Soledad” son alternativas que disminuyen la agricultura en el hábitat y protegen al perrito llanero mexicano.

El análisis estadístico de fragmentación mostró que las colonias del Estado de Coahuila, tienen una mejor interacción entre ellas, menor aislamiento y mejor conectividad, el efecto de la agricultura, no fue tan notorio como en Nuevo León. Hay interés por la conservación de *C. mexicanus* y el gorrión de worthen (Cruz, 2007; Canales-del Castillo et al. 2010) manifestado en una porción de una de las colonias más grandes de Coahuila, “La India” que es una propiedad privada, y no esta sujeta a presiones por agricultura y tiene baja intensidad de pastoreo.

En el Estado de San Luis Potosí, los índices de fragmentación, mostraron que las colonias que prevalecen forman un archipiélago, el análisis estadístico indica que la interacción entre las colonias es buena, no están aisladas y tienen conectividad; lo cual contrasta con la colonia de mayor tamaño en el Estado: “El Manantial”, la cual no tiene interacción con el archipiélago, está aislada y su conectividad es nula.

## Literatura citada

Benítez, H., C. Arizmendi y L. Márquez. 1999. Base de Datos de las AICAS. CIPAMEX, CONABIO, FMCN y CCA. México. Accesado 14 marzo 2011 (<http://www.conabio.gob.mx>).

Canales-del Castillo, R., J. I. González-Rojas, I. Ruvalcaba-Ortega, y A. García-Ramírez. 2010. New breeding localities of Worthen's Sparrows in northeastern Mexico. *Journal Field Ornithology* 81(1):5–12.

Ceballos, G., E. Mellink y L. Hanebury. 1993. Distribution and conservation status of prairie dogs *Cynomys mexicanus* and *Cynomys ludovicianus* in Mexico. *Biological Conservation*. 63: 105-112.

Ceballos, G. y D. E. Wilson. 1985. *Cynomys mexicanus*. *Mammalian Species*. 248:1-3.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2009. *Cynomys mexicanus* (perro llanero mexicano). Distribución conocida. Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Cruz, M. 2007. Crean santuario para le gorrión de Worthen. Boletín electrónico de Pronatura Noreste A. C. Núm. 8. pp:1.

Diario Oficial de la Federación (DOF). 2010. 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. Secretaría de Gobernación. México.

Dramstad, E. W., D. J. Olson, y T. T. Forman. 1996. *Landscape ecology principles in landscape architecture and land-use planning*. Island press. 80 pp.

Elkie, C. P., S. R. Rempel, y P. A. Carr. 1999. *Patch analyst user's manual a tool quantifying landscape structure*. NWST Technical Manual TM-002. Ontario. 22 pp.

Estrada-Castillón, E., L. Scott-Morales, J. A. Villarreal-Quintanilla, E. Jurado-Ybarra, M. Cotera-Correa, C. Cantú-Ayala, y J. García-Pérez. 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.

Forman, T. T. y M. Godron. 1986. *Landscape ecology*. Wiley. NY. 619 pp.

Garret, G. M. y L. W. Franklin. 1988. Behavioral ecology of dispersal in the black-tailed prairie dog. *Journal of Mammalogy*. 64(2): 236-256.

González-Saldivar, F. N. 1990. Der Präriehund (*Cynomys mexicanus* Merriam, 1892) im nordosten Mexikos. Entwicklung eines Modelles zur Beurteilung seines Lebensraumes. Ph.D. Dissertation, Ludwig-Maximilian-Universität, München, Deutschland. 45 pp.

International Union for Conservation of Nature, IUCN. 2001. IUCN Red List Categories and Criteria—Version 3.1, IUCN-SSC. Disponible en línea: ([http://www.redlist.org/info/categories\\_criteria2001.html](http://www.redlist.org/info/categories_criteria2001.html)). Accesado Febrero 12, 2010.

Instituto Nacional de Geografía Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2010. Sistema Estatal y Municipal de Base de datos (SIMBAD). Aguascalientes, México. Accesado el 5 de enero del 2011 (<http://www.inegi.org.mx/>)

List, R. 1997. Ecology of kit fox (*Vulpes macrotis*) and coyote (*Canis latrans*) and the conservation of prairie dog ecosystem in northern Mexico. Ph.D. Dissertation. University of Oxford, Michaelmas Term. 158 pp.

MacKenzie, D. I., J. D. Nichols, J. A. Royle, K. H. Pollock, L. L. Bailey, y J. E. Hines. 2006. *Occupancy estimation and modeling. Inferring patterns and dynamics of species occurrence*. Elsevier. 324 pp.

Marcé, Santa E. 2001. Distribución actual y fragmentación de las colonias de perros llanero de cola negra (*Cynomys ludovicianus*) en el Noreste de Chihuahua, México. Tesis de licenciatura. UNAM. 78 pp.

Medina, Torres G. 1972. Contribución al estudio y control del perrito de las praderas mexicano (*Cynomys mexicanus* Merriam), en el rancho demostrativo "Los Ángeles", propiedad de la escuela superior de agricultura "Antonio Narro", de la Universidad de Coahuila. Universidad de Coahuila, Escuela Superior de Agricultura Antonio Narro. Tesis de Licenciatura. México. 109 pp.

Medina, Torres G. y J. de la Cruz. 1976. Ecología y control del perrito de las praderas mexicano (*Cynomys mexicanus* Merriam), en el norte de México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. pp: 365-418.

Medrano, Padilla M. 2010. Efecto de la fragmentación del hábitat sobre el perrito llanero *Cynomys mexicanus* en Galeana, Nuevo León, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma de Nueve León. México. 88 pp.

McGarigal, K. y J. B. Marks. 1994. FRAGSTATS. Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Forest Science Department. Oregon State University. 134 pp.

Pianka, E. R. 1988. Evolutionary ecology. 4a.ed. Harper and Row. 467 pp.

Pizzimenti, J. J. y L. R. McClenaghan. 1974. Reproduction, growth and development, and behavior in the Mexican prairie dog, *Cynomys mexicanus* (Merriam). The American Midland Naturalist. 92(1): 130-145.

Pizzimenti, J. J. 1975. Evolution of the prairie dog genus *Cynomys*. Occasional papers of the Museum of Natural History. The University of Kansas, Lawrence, Kansas. 39(10): 1-73.

Red Hemisférica de Reservas para las Aves Playeras (RHRAP). 2009. Sitio Llano de la Soledad, Categoría Internacional. Lista de sitios. Brad Andres (Coordinador). The U.S. Shorebird Conservation Plan. Accesado 14 marzo 2011 <http://www.whsrn.org/es/sitios/lista-de-sitios>

Scott-Morales, L., E. Estrada, F. Chávez-Ramírez y M. Cotera. 2004. Continued decline in geographic distribution of the Mexican prairie dog (*Cynomys mexicanus*). *Journal of Mammalogy*. 85(6): 1095-1101.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2000. Proyecto de Protección, Conservación y Recuperación del Perrito Llanero (*Cynomys mexicanus*) Serie: proyectos de Recuperación de Especies Prioritarias, núm. 13. 50 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*. 139:1-27.

Treviño-Villarreal, J. y W. Grant. 1998. Geographic range of the endangered Mexican prairie dog (*Cynomys mexicanus*). *Journal of Mammalogy*. 79(4):1273-1287.

Apéndice 3.1. Rango geográfico histórico de *Cynomys mexicanus*. Tomado de Treviño-Villarreal y Grant (1998).  
Las coordenadas geográficas están proyectadas en WGS84

Registro	Coahuila	Longitud	Latitud
1	La Ventura (Ceballos et al. 1993; González-Saldívar, 1990; Hollister, 1916; Merriam, 1892; FWS 33834-33843, 79545-79568)	-100°53'26.97"	24°38'22.99"
2	8 mi. N (12.8744 km) La Ventura (Baker, 1956; KUMNH 33098)	-100°53'23.45"	24°45'20.00"
3	San Juan Nepomuceno, 5 mi. N (8.046 km) La Ventura (UNAM 4422; MVZ 1996, 1997, 2089,2144,7573-7582; 7592-7598)	-100°53'24.64"	24°42'43.61"
4	Llano de los perros (10 km N La Ventura) (Ceballos and Mellink, 1990); Gómez Farias (Barrera, 1956; Ceballos et al. 1993; González-Saldívar, 1990; Varela and Vázquez, 1954) <b>LA POBLACION MISMA</b>	-100°53'26.54"	24°43'50.05"
5	3 mi N (4.8279 km) Gómez Farias (Baker, 1956; Hall, 1981; KUMNH 34928)	-101°01'39.32"	25°00'09.70"
6	6 km W Gómez Farias (McCullough and Chesser, 1987; McCullough et al. 1987; TTU 41703-41713, 41732)	-101°05'07.32"	24°57'32.33"
7	2.5 mi. N (4.023 km), 0.5 (0.8046 km) W, El Palmar (UNAM 15367, 15368; KUMNH 127956-127980)	-101°02'07.98"	24°59'45.12"
8	2.3 mi. S (3.7 km) Las Colonias on Hwy 54 (TIU 41714-41723) <b>MISMA QUE 9</b>	-101°05'06.97"	25°03'40.67"
9	3.7 km S Las Colonias (McCullough et al. 19.87; McCullough and Chesser, 1987) <b>MISMA QUE 8</b>	-101°04'58.01"	25°03'29.09"
10	San Miguel (Ceballos et al. 1993)	-100°59'14.04"	25°00'41.54"
11	2 mi. W (3.21 km) San Miguel (Baker, 1956; KUMNH 33097)	-101°01'32.86"	24°59'56.63"
12	Saltillo, approx. 15 mi. E/SE Saltillo (La Carbonera Valley) (Hollister, 1916)	-100°46'13.88"	25°19'58.83"
13	20 mi. east of Saltillo (La Carbonera Valley) (HÜMCZ 7056, 6222-6226)	-100°38'27.25"	25°25'13.64"
14	7 mi. S & 4 mi. E Bella Unión (San Antonio de las Alazanas Valley) (Baker, 1956; KUMNH 48476, 48477, 48495; UNAM 4424)	-100°45'08.89"	25°20'10.67"
15	San Antonio de las Alazanas (Ceballos et al. 1993; Pizzimenti, 1975)	-100°32'57.57"	25°15'24.55"
16	3 mi. N San Antonio de las Alazanas (KUMNH 35578)	-100°32'54.65"	25°17'20.29"
17	3 mi. N & 4 mi. W S.A. de las Alazanas (Baker, 1956; Hall, 1981)	-100°36'39.34"	25°18'10.65"
18	7 mi. W San Antonio de las Alazanas (Baker, 1956; KUMNH 58049)	-100°39'36.47"	25°15'24.86"
19	8 mi. W San Antonio de las Alazanas (Baker, 1956; KUMNH 34575-34578)	-100°40'29.03"	25°15'09.05"
20	12 mi. W San Antonio de las Alazanas (Baker, 1956; UNAM 4423; KUMNH 58036-58048, 68262)	-100°44'21.46"	25°15'53.41"
21	12-13 mil W San Antonio de las Alazanas (YPM 4824, 4825); 13 mi. W San Antonio de las Alazanas (Baker, 1956)	-100°45'17.45"	25°15'49.97"
22	San José 45 km E Saltillo (San José de Cerritos Valley) (UANL 3586)	-100°56'59.02"	25°24'04.12"
23	4 mi. E & 2 mi. S Agua Nueva (Baker, 1956; KUMNH 58050-58053)	-101°05'51.41"	25°11'50.35"
24	Rancho Los Ángeles (Ceballos et al. 1993; Medina, 1972; Orta-Davila, 1988)	-101°02'49.02"	25°08'10.38"
25	Rancho Los Ángeles 1 (González-Saldívar, 1990)	-100°59'01.31"	25°07'01.37"
26	Rancho Los Ángeles 2 (González-Saldívar, 1990)	-101°02'01.31"	25°07'01.36"
27	Rancho Los Ángeles 3 (González-Saldívar, 1990)	-101°00'49.57"	25°05'09.03"
28	Rancho Los Ángeles 4 (González-Saldívar, 1990)	-101°00'51.47"	25°04'18.39"
29	Rancho Los Ángeles 5 (González-Saldívar, 1990)	-101°04'00.91"	25°06'01.25"
30	Rancho Los Ángeles 6 (González-Saldívar, 1990)	-101°01'10.39"	25°06'58.94"
31	8 km W Los Ángeles (McCullough et al. 1987; TIU 41724)	-101°03'49.60"	25°06'44.80"
32	Rancho Santa Anita (González-Saldívar, 1990)	-101°01'01.32"	25°01'01.36"
33	San Antonio de las Cruces (González-Saldívar, 1990)	-101°01'01.26"	24°52'01.39"
34	Tanque de Emergencia (Ceballos et al. 1993)	-101°04'09.94"	25°04'18.87"
35	Vicente Guerrero (Ceballos et al. 1993)	-101°01'59.98"	24°58'00.00"
36	La India (Ceballos et al. 1993)	-101°13'59.89"	25°02'40.61"
37	Melchor Ocampo (Ceballos et al. 1993)	-101°31'19.92"	24°50'59.92"

Apéndice 3.1. Rango geográfico histórico de *Cynomys mexicanus*. Tomado de Treviño-Villarreal y Grant (1998). Continuación...

Registro	Nuevo León	Longitud	Latitud
38	El Potosí (Ceballos et al. 1993; González-Saldívar, 1990; Koestner, 1941)	-100°19'00.01"	24°50'59.96"
39	San Juan (Koestner, 1941)	-100°43'05.11"	25°04'02.30"
40	Santa Clara de Ciénega, 60 km S 180W Monterrey (MCZ 40842-40844)	-100°20'10.94"	25°04'40.97"
41	Providencia (Pizzimenti, 1975)	-100°38'16.29"	25°05'27.03"
42	1 km S Providencia on Hwy 57 E Site (TIU 41725-41731, 45222)	-100°37'47.19"	25°05'07.17"
43	7 mi. NW Providencia (Puerto México Valley) (Jiménez-Guzmán, 1966; KUMNH 100421-100431)	-100°42'28.91"	25°10'09.70"
44	1 km S Providencia (McCullough et al. 1987)	-100°38'24.92"	25°04'53.10"
45	1.5 km SE Providencia on Hwy 57 (McCullough and Chesser, 1987)	-100°37'22.42"	25°04'46.00"
46	4 km N El Tokio (Pizzimenti and McClenaghan, 1974) <b>MISMA QUE 48</b>	-100°14'13.15"	24°43'04.81"
47	El Tokio (Ceballos et al. 1993; González-Saldívar, 1990; Pizzimenti, 1975; Saracho-Espinoza, 1987; Scott-Morales, 1984; Treviño-Villarreal, 1988b; Treviño-Villarreal, 1990; FWS 392127; UANL 3306, 3321, 3322, 3623-3625; KUMNH 139011, 139012)	-100°14'19.77"	24°40'54.08"
48	2.5 mi. N Tokio, <b>MISMA QUE 46</b>	-100°14'24.33"	24°43'03.78"
49	Galeana (UNAM 15366, 15369; UANL 2918, 2919; KUMNH 127951-127954, 127965, 127978, 127981, 134488-134492)	-100°04'28.14"	24°49'22.53"
50	3 mi. East of Hwy intersection 57 of 60 Tokio (UNAM 26154)	-100°15'09.17"	24°40'41.20"
51	About 6 km E San Roberto Junction, N.L. (UANL 2311-2315)	-100°14'27.44"	24°41'10.75"
52	Road Tokio-Penjamo (Saracho-Espinoza, 1987)	-100°13'34.85"	24°39'36.38"
53	Ejidos El Tokio-San- Roberto (Saracho-Espinoza, 1987)	-100°16'00.64"	24°41'11.49"
54	El Tokio-San José de Raíces (González-Saldívar, 1990)	-100°13'15.18"	24°35'54.63"
55	San Roberto (UNAM 14879)	-100°17'57.94"	24°40'37.27"
56	Llano de la Soledad (Valle de la Soledad) (Ceballos et al. 1993; Saracho-Espinoza, 1987; Treviño-Villarreal, 1988a)	-100°42'37.87"	24°54'20.27"
57	Noria de la Soledad (González-Saldívar, 1990; Saracho-Espinoza, 1987)	-100°40'24.51"	24°46'05.06"
58	Rancho El Compromiso (González-Saldívar, 1990; Saracho-Espinoza, 1987)	-100°37'17.84"	24°44'03.28"
59	Rancho El Compromiso I (Treviño-Villarreal, 1988a)	-100°37'00.96"	24°50'49.92"
60	Rancho El Compromiso II (Treviño-Villarreal, 1988a)	-100°36'15.60"	24°52'10.09"
61	Ejido Los Pocitos (Saracho-Espinoza, 1987)	-100°18'43.04"	24°46'03.78"
62	San José de Raíces (Ceballos et al. 1993; Saracho-Espinoza, 1987)	-100°14'13.73"	24°34'06.85"
63	Ejido Nueva Primavera (González-Saldívar, 1990; Saracho-Espinoza, 1987)	-100°11'57.40"	24°37'55.42"
64	La Hediondilla (Saracho-Espinoza, 1987)	-100°42'55.78"	24°57'46.24"
65	San José del Alamito (González-Saldívar, 1990; Saracho-Espinoza, 1987)	-100°45'25.27"	24°53'40.39"
66	San Francisco (Saracho-Espinoza, 1987)	-100°36'05.08"	25°03'03.85"
67	El Rucio (Saracho-Espinoza, 1987)	-100°25'47.58"	24°41'09.15"
68	Ejido San Antonio del Salero (González-Saldívar, 1990; Saracho-Espinoza, 1987)	-100°15'02.98"	24°27'43.34"
69	Complex La Trinidad-La Paz-San Joaquín (Saracho-Espinoza, 1987)	-100°26'02.22"	24°56'15.32"
70	Road Los Adobes-Rancho Guadalupe (Saracho-Espinoza, 1987)	-100°33'18.97"	24°58'39.95"
71	Complex San Rafael-San Fernando-La Rosa-La Providencia (Saracho-Espinoza, 1987)	-100°34'53.69"	25°03'05.61"
72	Road San Fernando-Santa Gertrudis (Saracho-Espinoza, 1987); San Rafael-Venustiano Carranza (Saracho-Espinoza, 1987)	-100°33'50.41"	25°00'11.45"
73	Refugio de los Ibarra (Saracho-Espinoza, 1987)	-100°21'39.95"	24°26'03.05"
74	Navidad (González-Saldívar, 1990)	-100°35'50.90"	25°04'12.73"
75	San Rafael (Ceballos et al. 1993; González-Saldívar, 1990)	-100°32'58.16"	24°56'58.69"
76	San Joaquín (González-Saldívar, 1990)	-100°25'00.39"	24°57'00.72"
77	Seis de Enero (González-Saldívar, 1990)	-100°24'58.26"	24°52'00.33"

Apéndice 3.1. Rango geográfico histórico de *Cynomys mexicanus*. Tomado de Treviño-Villarreal y Grant (1998). Continuación...

Registro	Nuevo León	Longitud	Latitud
78	Lucky Luz (González-Saldívar, 1990)	-100°21'59.92"	24°51'01.35"
79	San Roberto 1 (González-Saldívar, 1990)	-100°17'59.85"	24°42'01.29"
80	San Roberto 2 (González-Saldívar, 1990)	-100°16'39.71"	24°43'07.16"
81	San Urvius (González-Saldívar, 1990)	-100°10'26.47"	24°35'32.27"
82	Llanos de Peñuelo (UNAM 1940, 1941)	-100°45'24.72"	24°33'36.30"
83	72 km NW Galeana (UNAM 9048; 9049)	-100°32'43.23"	25°13'26.47"
84	St. Johns of Galeana (FMNH 48273)	-100°39'34.03"	24°35'06.06"

Registro	San Luis Potosí	Longitud	Latitud
85	7 km W Arriaga (IPN 5376) <b>NO SE HALLO EL LUGAR</b>		
86	El Salado (Ceballos et al. 1993)	-100°51'19.80"	24°18'41.20"
87	6 km SSE Salado (Dalquest, 1953; LSUMZ 14824-14826)	-100°47'56.40"	24°17'37.73"
88	Vanegas (Hall, 1981)	-100°56'39.58"	23°52'55.25"
89	La Trueba (Ceballos et al. 1993; Mellink, 1989)	-100°54'58.01"	24°01'47.88"
90	5 km S La Trueba (Ceballos and Mellink, 1990)	-100°54'56.11"	23°59'03.73"
91	12 km N Vanegas (IPN 12056-12059)	-100°56'53.45"	23°58'29.68"
92	El Manantial (Ceballos et al. 1993; Madrigal- Alonso, 1991; Mellink, 1989; Mellink and Madrigal, 1993; Treviño-Villarreal et al. 1992)	-100°55'22.74"	24°08'07.70"
93	El Manantial Norte (Mellink, 1989)	-100°55'30.42"	24°08'35.25"
94	San Vicente (Ceballos et al. 1993; González-Saldívar, 1990; Mellink, 1989)	-100°54'00.15"	24°09'39.72"
95	5 km SW San Vicente (Ceballos and Mellink, 1990)	-100°56'16.95"	24°07'59.82"
96	Rancho Santa Ana A (Treviño-Villarreal et al. 1992)	-100°55'41.88"	24°09'00.00"
97	Rancho Santa Ana B (Treviño-Villarreal et al. 1992)	-100°54'07.92"	24°09'37.80"
98	Rancho Santa Ana C (Treviño-Villarreal et al. 1992)	-100°54'00.00"	24°10'10.99"
99	1 km W San Vicente (Rancho Santa Ana D) (Ceballos and Mellink, 1990; Treviño-Villarreal et al. 1992)	-100°54'36.09"	24°09'40.13"
100	2 km NW San Vicente (Ceballos and Mellink, 1990)	-100°54'46.18"	24°10'09.83"
101	10 km NW San Vicente (Ceballos and Mellink, 1990)	-100°59'01.86"	24°12'06.43"
102	13 km NW San Vicente (El Gallo) (Ceballos and Mellink, 1990; Ceballos et al. 1993; González-Saldívar, 1990)	-100°53'59.85"	24°09'40.13"
103	El Gallo A (Treviño-Villarreal et al. 1992)	-100°54'15.00"	24°11'55.00"
104	El Gallo B (Treviño-Villarreal et al. 1992)	-100°54'37.98"	24°12'33.98"
105	Vía Oeste (Treviño-Villarreal et al. 1992)	-100°52'48.84"	24°13'33.46"
106	Vía Este (Treviño-Villarreal et al. 1992)	-100°51'54.74"	24°13'51.05"
107	Vanegas (Ceballos et al. 1993)	-100°57'00.05"	23°51'59.81"
108	El Salvador (Ceballos et al. 1993)	-100°52'00.57"	24°31'21.22"

Registro	Zacatecas	Longitud	Latitud
109	11 mi E Concepción del Oro (Ciénega de Rocamontes) (Ceballos and Mellink, 1990; Ceballos and Navarro, 1991; Ceballos et al. 1993; Matson and Baker, 1986; Treviño-Villarreal, 1988b; LACM 34388-34393)	-101°14'59.33"	24°36'43.57"
110	14 km NE Concepción del Oro (Matson and Baker, 1986)	-101°19'34.60"	24°42'12.24"
111	13 km NNE Concepción del Oro (Matson and Baker, 1986)	-101°22'29.59"	24°43'08.86"
112	San Salvador (González-Saldívar, 1990).	-100°52'01.29"	24°33'01.37"



## Capítulo IV. Evaluación del riesgo de extinción para *Cynomys mexicanus*

Dino Ulises González Uribe<sup>1</sup>, Eduardo Estrada Castellón<sup>1</sup>, César Cantú Ayala<sup>1</sup>, Fernando González Saldívar<sup>1</sup>, Humberto González Rodríguez<sup>1</sup> y Heriberto Díaz Solís<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, N.L. 67700, AP 41

<sup>2</sup>Departamento de Recursos Naturales, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, 25315

### Resumen

Se elaboró el MER (método de evaluación de riesgo de extinción de las especies silvestre de México) para perrito llanero mexicano, instrumento de la NOM-059-SEMARNAT-2010 para estimar riesgos de extinción. Con este protocolo se categorizó el taxón de perrito como en peligro de extinción (P). Los cuatro criterios de la norma, 1) amplitud de la distribución del taxón en México; 2) estado del hábitat con respecto al desarrollo natural del taxón; 3) vulnerabilidad intrínseca y 4) impacto de la actividad humana sobre el taxón, fueron evaluados. Se determinó una superficie de 284.2 km<sup>2</sup> de colonias activas del perrito, lo que representa el 0.014% con respecto a la superficie de México, según el MER esta proporción es de una especie microendémica por tener una distribución menor al 5% del territorio nacional. En los Estados el 47.5% de la superficie con colonias activas actuales se encuentra en Nuevo León (135.1 km<sup>2</sup>), el 50.4% en Coahuila (143.2 km<sup>2</sup>) y el 2.1% en San Luis Potosí (5.9 km<sup>2</sup>). El estado del hábitat de las colonias del perrito llanero es hostil o muy limitante, la vulnerabilidad alta, con un alto impacto. Lo anterior justificado por la disminución de la superficie de las colonias activas, que se debe principalmente a la actividad humana por agricultura y pastoreo. Entre éstas, el cultivo de la papa y alfalfa en el Estado de Nuevo León, ha disminuido fuertemente las colonias del perrito, hasta 1999 Nuevo León era el primer Estado en superficie de colonias activas, ahora es el segundo. Sin embargo, tiene la colonia activa continua, más grande, La Soledad y en parte de ella se ha establecido un área natural protegida (ANP).

Palabras clave: Método de evaluación de riesgo de extinción de las especies silvestre de México (MER), NOM, perrito llanero, microendémica, hábitat, hostil, limitante, impacto.

## **Abstract**

The Risk Evaluation Method (MER, by its Spanish acronym) was developed to assess the extinction risk of wild species in Mexico. The Mexican prairie dog, is an endangered species according to the NOM-059-SEMARNAT-2010. The four criteria of the NOM 1) the distribution width of the taxon in Mexico; 2) habitat status with respect to the natural development of taxon; 3) intrinsic vulnerability and 4) impact of human activity over taxon, were evaluated. We determined an area of 284.2 km<sup>2</sup> active dog colonies in Mexico. This surface representing 0.014% with respect the country surface. According to the proportion REM the prairie dog is a species which have a microendemic distribution less than 5% of the country. 47.5% of the total surface active colonies is located in Nuevo León (135.1 km<sup>2</sup>), 50.4% in Coahuila (143.2 km<sup>2</sup>) and 2.1% in San Luis Potosi (5.9 km<sup>2</sup>). The state of the habitat of prairie dog colonies is hostile or too limiting, high vulnerability, with a high impact. This is justified by the reduced area of the active colonies, which is mainly due to human activities for agriculture and grazing. The potato and lucerne crops in the state of Nuevo Leon represents a big risk for active colonies, until 1999, this State was the first area in active colonies surface, now is the second. However, we found in it, the biggest continuous active colony, La Soledad and part of it has been declared as a natural protected area (NPA).

Key words: Method of assessing risk of extinction of wild species in Mexico (MER), NOM, prairie dog, microendemic, habitat, hostile, limiting, impact.

## **Introducción**

El perrito llanero mexicano (*Cynomys mexicanus*) habita en el Altiplano Mexicano en los Estados de Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí (Ceballos et al. 1993; Treviño-Villarreal y Grant, 1998; González-Saldívar, 2002; Scott et al. 2004). La Legislación Mexicana a través de la NOM-059-SEMARNAT-2010 lo cataloga como en peligro de extinción, indicando que cada especie deberá tener un documento descriptivo el cual recibe el nombre de método de evaluación de riesgo de extinción de las especies silvestre de México (MER) (Sánchez et al. 2007).

Los estudios relacionados al hábitat del perrito han estimado superficies de 322 km<sup>2</sup> (Scott et al. 2004) y 478 km<sup>2</sup> (Treviño-Villarreal y Grant, 1998) de colonias activas de los animales. Se estimó el rango histórico en 768 y 1,255 km<sup>2</sup>, ambas cantidades no fueron justificadas por método alguno (Treviño-Villarreal y Grant, 1998). Para los años de 1992 y 1993 se identificaron seis colonias inactivas, una de ellas, Ciénega de Rocamontes, ubicada en el Estado Zacatecas, ya no existe y actualmente se considera extirpado en ese Estado (Treviño-Villarreal y Grant, 1998 y Scott et al. 2004). La disminución de la superficie de las colonias activas se debe principalmente a la actividad del hombre por agricultura y pastoreo (Treviño-Villarreal y Grant, 1998).

La especie es endémica y considerada por la Unión Mundial para la Naturaleza (IUCN) como en peligro de extinción (IUCN, 2001). En México se adoptaron las categorías de la IUCN, aunque dichos criterios no podían aplicarse con claridad a un buen número de especies a nivel regional o nacional, entre otros, los problemas más comunes eran el poco entendimiento de la megadiversidad del país y por lo tanto de las especies silvestres, la cuantificación de la disminución de las poblaciones animales en los últimos diez años o en tres generaciones y de su duración, la falta de datos sobre los tamaños de las poblaciones y la dificultad de la aplicación de un análisis de viabilidad de la población y el hábitat (PHVA) para calcular la probabilidad de extinción de la especie en el medio silvestre (IUCN, 2001; Sánchez et al. 2007; CONABIO, 2008). El PHVA para perrito llanero mexicano si existe, aunque se aplicaron supuestos teóricos en la demografía de la especie y se usaron datos del perrito cola negra (*C. ludovicianus*) para poder completar el análisis (Scott et al. 2005).

El MER y la UICN coinciden en el criterio de la amplitud de la distribución geográfica de la especie. Los encargados de dar origen a dicho método, el Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), mencionan que es el criterio más fácil de determinar, sin embargo, este solo mide una dimensión de amenaza de la especie y no toma en cuenta la biología intrínseca de la población silvestre (Sánchez et al. 2007).

El objetivo principal de este estudio fue determinar el estatus de conservación del perrito llanero, a través del Método de evaluación de riesgo previsto en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

### **Material y Métodos**

Para la elaboración del MER de perrito llanero mexicano, se tomó en cuenta a Sánchez et al. (2007), se siguió el protocolo citado considerando sus ejemplos. El formato del MER sigue el numeral 5.7 de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

### **Resultados**

A continuación se describe el MER del perrito llanero mexicano, el formato de la descripción corresponde al numeral 5.7 de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

EVALUACION DEL RIESGO DE EXTINCIÓN  
DE *Cynomys mexicanus* DE ACUERDO  
AL NUMERAL 5.7 DE LA  
NOM-059-SEMARNAT-2010

**1. Datos generales del responsable de la propuesta**

Dino Ulises González Uribe, César Martín Cantú Ayala

**2. Nombre científico válido citando la autoridad taxonómica**

*Cynomys mexicanus* (Merriam, 1892).

Proc. Biol. Soc. Washington, 7:157, July 27, 1892, type from La Ventura, Coahuila.

La clasificación taxonómica usada fue de acuerdo a Hall (1981).

La especie en estudio *Cynomys mexicanus* no tiene sinónimos (Baker, 1956; Hall, 1981).

#### Nombres comunes

- perro llanero mexicano (Baker, 1956; Hall, 1981; CONABIO, 2009).
- perrito de las praderas (Medina, 1972; Medina y de la Cruz, 1976; Estrada-Castillón, 2010).
- perrito de las praderas mexicano (Medina, 1972; Frías, 1987; Valdés, 2003)
- perrito de la pradera (Orta, 1988; García y López, 1997).
- perro de la pradera (González-Saldivar, 1990; Avendaño, 1999)
- perro llanero (Ceballos et al. 1993; Yen, 2006).
- perrito llanero (SEMARNAT, 2000; Navarro, 2003; Rioja, 2003; González, 2004; Guzmán, 2004; Benítez, 2006; Reyna, 2007; Medrano, 2010).
- perro de las praderas mexicano (Treviño-Villarreal, 1988; Treviño-Villarreal, 1990; Mellink y Madrigal, 1993; Treviño-Villarreal et al. 1997; Treviño-Villarreal y Grant, 1998; González-Saldivar, 2002; Scott-Morales et al. 2004; Scott-Morales et al. 2005; Yeaton y Flores-Flores, 2006; Canales-del Castillo et al. 2010).
- perrito llanero mexicano\* (Hernández, 2010).
- chulos de llano (Guevara, 2004)

El nombre común de perrito llanero o perrito de la pradera es incorrecto, no es un perro pequeño y tampoco ladra. El nombre de perro es, quizás, por las primeras impresiones de los colonizadores en los pastizales en donde la vida es dura y se lleva “vida de perro” (Clark, 1979; Long, 1998). Los animales emiten un sonido al detectar la presencia de un depredador terrestre o volador, inclusive si hay presencia humana. Esta manifestación auditiva se le conoce como ladrado y es muy parecido a un “yip”, cuando los animales ladran, toman una posición de arqueamiento del cuerpo que es apoyada con las patas traseras, así que al ladrar, emite un repetido “yip yip” seguido de pequeños saltos, a esto se le conoce como “yip-jump” (Long, 1998; William, 2007).

Al taxón se le relaciona con llanos o praderas. En el lenguaje coloquial, se usa indistintamente los sustantivos; en ambos casos se refiere al mismo animal. Por ello, en la literatura, se encuentran varios nombres comunes, inclusive los pobladores lo llegan a llamar perrito o tuza, aunque no hallamos referencias que lo prueben.

\* Nota: Se encontró en Hernández (2010) el nombre común de perrito llanero mexicano, el traduce al inglés “Mexican prairie dog”.

Clasificación taxonómica (Baker, 1956; Hall, 1981)

Reino: Animalia

Phylum: Chordata

Clase: Mammalia

Orden: Rodentia

Familia: Sciuridae

Subfamilia: Sciurinae

Género: *Cynomys*

Especie: *mexicanus*

Imagen de la especie



*Cynomys mexicanus*

“La India”, Coah.

Mayo, 2009

Tomada por: Dino Ulises González Uribe

*Cynomys mexicanus*

“Tanque de Emergencia”, Coah.

Abril, 2010

Tomada por: Dino Ulises González Uribe

### 3. Motivo de la propuesta

La NOM-059-SEMARNAT-2010 categoriza al taxón como en peligro de extinción (P), el protocolo MER, cuyo origen se remonta al 2001, indica que toda especie silvestre en México deberá tener dicho documento (Sánchez et al. 2007) sin embargo, perrito llanero mexicano no lo tiene. La superficie de las colonias activas del taxón, han estado en disminución y sólo se cuenta con datos cuantitativos de estudios aislados de hace 25 años (Pizzimenti y McClenaghan, 1974; Pizzimenti, 1975; González-Saldivar, 1990; Ceballos et al. 1993; Treviño-Villarreal y Grant, 1998; Scott-Morales et al. 2004). Se desconoce el estado actual del hábitat y del taxón, por ello la importancia de este estudio.

### 4. MER

Criterio A. Amplitud de la distribución del taxón en México

- Descripción de la distribución.
- Mapa.
- Cómo se hizo el mapa.
- Evaluación del tamaño relativo de la distribución.

#### DESCRIPCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN

Se tomó en cuenta la superficie conocida de colonias de perrito llanero mexicano en el Altiplano Mexicano, la cual comprende los Estados de Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí. Se investigó en la literatura los trabajos a fines sobre distribución del taxón en México (Tabla 4.1).

Tabla 4.1. Superficies de colonias activas de perrito llanero mexicano *Cynomys mexicanus*.

Autor	Superficie km <sup>2</sup>
Ceballos y Wilson (1985)	800
Treviño-Villarreal (1990)	800
Ceballos <i>et al</i> (1993)	600
Treviño-Villarreal y Grant (1998)	478
Scott-Morales <i>et al</i> (2004)	322



## **MAPA DE DISTRIBUCION GEOGRAFICA**

Se tomó en cuenta la distribución histórica y actual de *C. mexicanus* mostrada en la Figura 4.1; en el mapa se observa con cuadros blancos la distribución histórica y con triángulos negros, la distribución actual. Para representar las distribuciones, se tomó en cuenta el apéndice de Treviño-Villarreal y Grant (1998), quienes profundizaron en el tema, reportando registros de más autores y colectas de museos. Dicha información descriptiva, dio como resultado 109 registros de distribución histórica. La distribución actual, es el resultado de la verificación en campo de los registros históricos y de la actualización del rango geográfico a 25 años de reportes. Ambos rangos son importantes y por ello se hizo un archivo kml en Google earth con el Datum WGS84. Ninguno de los registros es aproximado, cada uno de ellos representa la colonia activa más cercana.

También se cuenta con una base de datos de colonia-parche para cada uno de los registros, de ellos se tiene el área e índices de fragmentación, interacción, aislamiento y conectividad entre colonias, sin embargo, solo se reportan los registros.

## **EVALUACIÓN DEL TAMAÑO RELATIVO DE LA DISTRIBUCIÓN**

La superficie ocupada por las colonias activas de perrito suman 284.2 km<sup>2</sup> de esta el 47.5% de colonias actuales, se encuentra en Nuevo León (135.1 km<sup>2</sup>), el 50.4% en Coahuila (143.2 km<sup>2</sup>) y el 2.1% en San Luis Potosí (5.9 km<sup>2</sup>). Con respecto a la superficie del territorio nacional el taxón ocupa el 0.014%, lo que la hace menos que microendémica por tener una distribución menor al 5% del territorio nacional. La amplitud de la distribución del taxón es muy restringida, recibe cuatro puntos.

MAPA

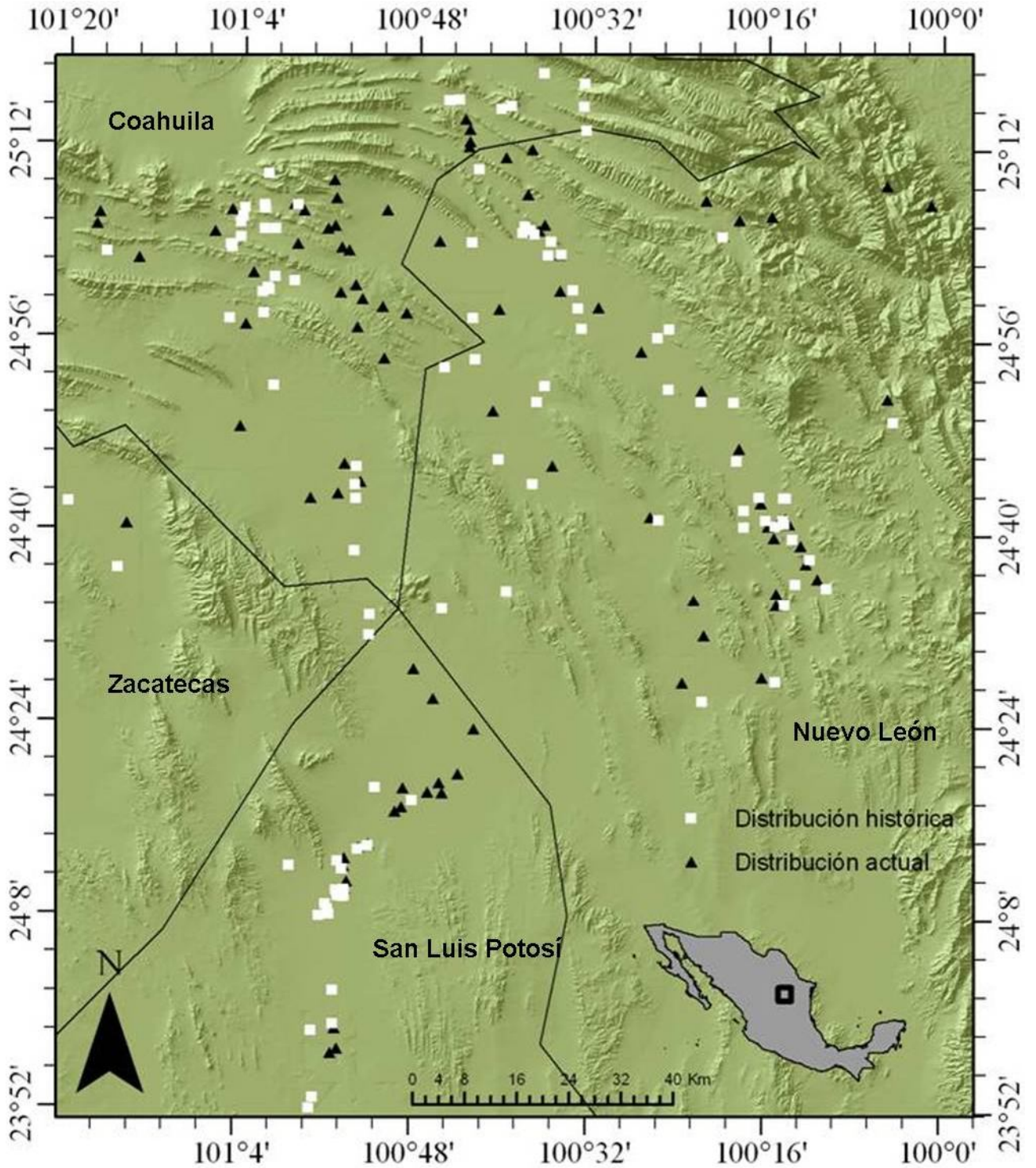


Figura 4.1. Distribución histórica y actual de *C. mexicanus*.

## Criterio B. Estado del hábitat con respecto al desarrollo natural del taxón

- Antecedentes (tipo de hábitat que la especie ocupa).
- Análisis diagnóstico del estado actual del hábitat y descripción de cómo se llevó a cabo la diagnosis (incluir aquí si existiese, el riesgo de factores ambientales estocásticos y drásticos, como sequías prolongadas o huracanes).
- Evaluación de qué factores lo hacen vulnerable.

### **ANTECEDENTES (TIPO DE HÁBITAT QUE LA ESPECIE OCUPA).**

El taxón se ubica en el Altiplano Mexicano, dentro del desierto Chihuahuense, para una mejor referencia geográfica, puede limitarse por las coordenadas 25°16'22.08"N, 101°25'1.2" y 23°55'2.28"N, 100°8'6"O. El perrito forma colonias y la mayoría de ellas se encuentran en la región prioritaria No. 80 "El Tokio" (Arriaga et al. 2000; CONABIO, 2004).

En esta región se tienen precipitaciones medias anuales menores a 500 mm con distribuciones diversas, las lluvias de invierno son hacia el noroeste y las de verano hacia el sureste (CONABIO, 2008).

El grupo de clima característico del Altiplano es del tipo seco BS (García, 1988) y el tipo climático para los pastizales en los que habita el perrito llanero en el Estado de Nuevo León son del tipo árido templado BS<sub>0</sub>kx' (García, 1988; CONABIO, 1998; CONABIO, 2008) con oscilación de temperaturas entre 12°C y 18°C, las lluvias son escasas todo el año, el porcentaje mayor se da en invierno, 18% del total anual.

En Coahuila se presenta el tipo BS<sub>1</sub>kw(x') semiseco templado, las temperaturas van de 12°C y 18°C con lluvias repartidas todo el año, concentrándose el 18% en las de invierno del total anual.

Para San Luis Potosí, se encuentra un subtipo seco semicálido BS<sub>0</sub>hw(x'), con las mismas temperaturas reportadas para Coahuila, las lluvias se presentan durante el verano y el invierno

es frío, la precipitación invernal es mayor al 10.2% del total (García, 1988; CONABIO, 1998; Reyna, 2007; CONABIO, 2008; Estrada-Castillón et al. 2010).

La vegetación que se observa en las colonias del perrito son pastizales con alturas muy bajas a su naturaleza de crecimiento y por el efecto de pastoreo de animales domésticos, las inclinaciones del terreno en promedio son menores a 3.7% (González-Saldívar, 1990) que en superficies largas aparentan terrenos planos y por lo tanto su exposición es cenital (CONABIO, 2008), circundando a estos lugares se puede observar matorral micrófilo y en las laderas izotal (Frías, 1987; González, 2004; Benítez, 2006; Reyna, 2007).

Los suelos que predominan en las áreas ocupadas por perrito en Nuevo León y San Luis Potosí son ligeramente alcalinos (CONABIO, 2008) las unidades presentes son el xerosol háplico, cálcico y gípsico, las unidades del tipo solonchak se presentan en combinación con las primeras y es frecuente hallar fases petrocálcicas y petrogípsicas, los yermosoles aparecen en una proporción muy baja en las colonias activas del Estado (INEGI, 1977). En Coahuila, las unidades de suelo que predominan en las áreas del perrito son los phaeozem calcáreo, rendzina, vertisol crómico y chernozem lúvico, las fases petrocálcicas son frecuentes y de ellas las profundas son comunes en las colonias. Las texturas finas son predominantes en las áreas de los tres Estados (INEGI, 1977; CONABIO, 2008) aunque se ha especificado para la mayoría de las colonias una textura migajón-limosa con porcentajes bajos de arena y arcilla (Treviño-Villarreal et al. 1997).

Las comunidades vegetales presentes en los tres Estados en donde habita el perrito son denominadas como pastizales halófilos y gipsófilos, por lo que pueden encontrarse géneros y especies de las familias Poaceae, Chenopodiaceae y Frankeniaceae (INEGI-INE, 1996). A estas áreas también se les ha denominado vegetación de pastizal mediano abierto y pastizal amacollado (Frías, 1987; Orta, 1988). Se ha encontrado que la familia Asteraceae es la mayor representada en estos lugares (35 géneros), seguida por la familia Leguminosae (30 géneros) y en tercer lugar por la familia Poaceae (22 géneros), otras familias presentes son Cactaceae, Solanaceae, Brassicaceae, Scrophulariaceae y Lamiaceae (Estrada-Castillón et al. 2010).

Se aclara que el taxón ocupó hasta 1985 algunas colonias de Zacatecas, la última reportada fue Ciénega de Rocamontes, actualmente se considera extinto del Estado (Treviño-Villarreal y Grant, 1998), los límites citados al inicio de esta sección, incluyen estos hábitats, para una mayor descripción puede consultarse CONABIO (2008).

## **ANÁLISIS DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL HÁBITAT Y DESCRIPCIÓN DE CÓMO SE LLEVÓ A CABO LA DIAGNOSIS.**

Los seres humanos han fragmentado el hábitat del taxón por medio de la agricultura y pastoreo. Son evidentes en la mayoría de las colonias activas del perrito llanero, las actividades agrícolas por cultivos como la papa y la presencia de ganado vacuno en estos lugares (Ceballos et al. 1993; Treviño-Villarreal y Grant, 1998; Scott-Morales et al. 2004).

Actualmente, el rango geográfico del perrito está restringido y la disminución de la superficie esta asociado a la fragmentación, aunque también a la no comprensión del rol biológico del animal en el hábitat, el taxón fue perseguido y disminuido por programas de control químico, basados en objetivos propios de la producción agrícola o el manejo de ganado (Medina, 1972; Medina y de la Cruz, 1976). Se ha observado que ninguno de ellos se cumplió y el taxón fue afectado fuertemente.

## **EVALUACIÓN DE QUÉ FACTORES LO HACEN VULNERABLE.**

Este taxón no sólo depende de que se le afecte directamente, las colonias del perrito, asemejan parches y existe una dinámica de movimiento de los individuos conocida como dispersión propia del comportamiento de estos animales. La dispersión es intercolonial (en la misma colonia) e intracolonia (entre colonias vecinas) (Garret y Franklin, 1988). Las distancias entre parches, son determinantes para diferenciar el tipo de dispersión potencial entre vecindades del taxón, por lo que un análisis de fragmentación puede indicar si la metapoblación (Hanski, 2002; Yeaton y Flores-Flores, 2006) tiene interacción, aislamiento y conectividad (Forman y Godron, 1986; Dramstad et al. 1996; Treviño-Villarreal y Grant, 1998). La agricultura y pastoreo son causa de que la dispersión sea afectada y esto perdura en el tiempo, no

importando que ya no se cultive en el hábitat y que en el pasado estos lugares tuvieran presencia de perrito, se ha observado que las áreas donde ya no se practican actividades productivas humanas, tardan más de tres años en ser recolonizadas y en muchas ocasiones la invasión por arbustivas es tan agresiva que los animales ya no retornan a estos sitios.

Esto lleva a calificar el estado del hábitat de las colonias del perrito llanero como hostil o muy limitante, por lo que recibe tres puntos.

#### Criterio C. Vulnerabilidad biológica intrínseca del taxón

- Antecedentes (historia de vida de la especie).
- Análisis diagnóstico del estado actual de la especie y descripción de cómo se obtuvo dicha diagnosis.
- Evaluación de qué factores lo hacen vulnerable.

#### **ANTECEDENTES (HISTORIA DE VIDA DE LA ESPECIE)**

El perrito llanero mexicano es un roedor semifosorial que construye madrigueras y está cercanamente relacionado con perrito cola negra *C. ludovicianus*, de ahí que buena parte de la información que se cite y use es de esta especie, *C. mexicanus* se separó de la mencionada en el Pleistoceno tardío y las investigaciones sobre la especie continúan (Álvarez y Polaco, 1982; Álvarez, 1983; Goodwing, 1995; Cruz-Muñoz et al. 2006).

La unidad básica de organización social de *C. mexicanus* es la coterie, clan o familia, la agrupación de ellas se le llama colonia que van de unas cuantas a miles de hectáreas, estas asemejan parches (Elkie et al. 1999) distanciados unos de otros. Observaciones en colonias del Estado de Coahuila encontraron en promedio de 6 a 9 individuos en una familia, por ejemplo, dos machos adultos, dos hembras adultas y de tres a cuatro juveniles (2:2:4; 2:2:3); después de que emergen las crías, los juveniles que alcanzan la madurez sexual al año de nacidos, se dispersan hacia otras familias dentro de la colonia o hacia parches vecinos. Cuando no es temporada reproductiva el número de juveniles varía, se ha encontrado que machos y hembras adultos pueden conservar sus números (Rioja, 2003). Aunque, se ha observado en colonias del

Estado de Nuevo León que hay familias compuestas hasta por dos machos adultos, de una a cuatro hembras y de 16 a 20 juveniles (Treviño-Villarreal, 1990). La variación del tamaño de las familias en las localidades de Coahuila y Nuevo León, puede responderse por el año de las observaciones, el fenómeno de la dispersión (Garret y Franklin, 1988; Medrano, 2010), y por los cambios de clima (Treviño-Villarreal, 1990). Las variaciones en la densidad total del rango geográfico del taxón no han sido contrastadas, pero si observadas (González-Saldivar, 2002) los estudios hechos al respecto, son escasos y merecen atención especial, ya que el MER menciona que es una de las dimensiones para evaluar el riesgo de extinción (Sánchez et al. 2007).

Las colonias-parche ocupan hábitat fragmentados en los pastizales del Altiplano Mexicano, las cuales se mantienen sanas por la dispersión de los individuos dentro de las colonias y de una colonia a otra, un objetivo de este movimiento es la reproducción de los animales, característica que da origen a las metapoblaciones de *C. mexicanus* (Garret y Franklin, 1988; Hoogland, 2006; Yeaton y Flores-Flores, 2006; Medrano, 2010).

Las actividades de los animales son diurnas, entran en actividad a tempranas horas, en *C. ludovicianus* se ha encontrado que exhiben actividades diurnas bimodales, a severación hecha por la máxima cantidad de individuos antes del medio día, la presencia de perrito en el hábitat declina con la puesta del sol (Menkens et al. 1990; Severson y Plumb, 1998). En la especie mexicana, se dice que estos hábitos son influenciados por el clima diferente en el Altiplano Mexicano, en el que incluso se alargan los períodos de actividad y en comparación con las otras especies de *Cynomys*, ésta no hiberna (González-Saldivar, 1990; Treviño-Villarreal, 1990).

Los machos tienen un área de actividad de  $0.85 \pm 0.06$  ha y las hembras  $0.44 \pm 0.1$  ha, los machos pueden desplazarse hasta  $3 \text{ km} \cdot \text{día}^{-1}$ . El tamaño del área de actividad depende de la ubicación del animal en la colonia, los que están en las orillas de una colonia, tienden a moverse más hacia terrenos no colonizados (González-Saldivar, 2002).

El tamaño promedio de las camadas es 2 a 3 crías por hembra (Rioja, 2003), observaciones hechas en el 2009 y 2010 con base a las descripciones de Rioja (2003), indican que el número de crías es de 3 y en muy pocas ocasiones de 2 o 4; donde tres crías es el valor de la moda estadística en colonias de Coahuila y Nuevo León, para ello los conteos se hicieron por ladridos a finales de abril y en el mes de mayo, todos los conteos fueron posteriores a las 10:30 de la mañana con temperaturas mayores a 28 °C, la razón de usar este procedimiento es que las crías ladran a la distancia y es fácil distinguir el sonido de un adulto o juvenil, las condiciones del ambiente y el albedo en los suelos del hábitat de *C. mexicanus* no permiten ubicar crías de otra manera, así que la identificación relativa de la posición de los animales es más fácil si se hace de esta manera. No pudieron hacerse conteos de crías antes de la hora señalada, cuando el objetivo fue contar crías, no pudo localizarse ninguna, se considera que la presencia humana y protección de los padres fueron los factores determinantes del fracaso de estos conteos con esta modalidad. En dos años consecutivos se observó que la distribución espacial de las crías fue distinta, dada la dispersión de los animales en las colonias se puede decir que cada año esto puede cambiar, en el 2010 y 2011 los cambios espaciales también se verificaron, aunque el número de crías por hembra se conservó. La información aquí descrita no está terminada y el método usado no está perfeccionado, además de que se sabe que no ha sido aplicado de esta manera para el conteo de crías de *C. mexicanus*.

La época reproductiva comienza hacia finales de enero y dura casi todo el mes de abril (Rioja, 2003) aunque se observó de acuerdo con las descripciones de Rioja (2003) que en las colonias de Nuevo León aplican los períodos que en Coahuila, los comportamientos del taxón son similares en las colonias de ambos Estados.

En el estudio de Rioja (2003) se reportan densidades de 6.07 individuos/ha en Coahuila, 3.47 individuos·ha<sup>-1</sup> en Nuevo León y 2.13 individuos·ha<sup>-1</sup> en San Luis Potosí, no menciona el método de muestreo aplicado en la revisión de literatura, en su estudio de comportamiento reproductivo en colonias de Coahuila encontró una densidad de 13 a 17 individuos·ha<sup>-1</sup>. Menciona que la dispersión de los animales y disponibilidad de alimento, son factores que explican estas densidades; aunque se sabe que por comportamiento de los animales, estos números varían por estación, la fragmentación del hábitat, el clima, entre otros son fuentes de



sesgo para la densidad del taxón (Treviño-Villarreal, 1990). La información sobre este tema es escasa y carece de validez estadística. La calidad del hábitat de *C. mexicanus* es un factor que se menciona en estudios del taxón pero que no se evalúa cuantitativamente, no solo es la disponibilidad de alimento la que determina las densidades, más bien es un conjunto de variables entrelazadas que pueden dictar estos cambios (Clippinger, 1989; González-Saldivar, 1990). Hay análisis estocásticos que muestran los cambios que afectan en forma simulada a una colonia tipo (Scott-Morales et al. 2005) y los cambios son por la biomasa que es afectada por la lluvia, sin embargo, esto no ha sido completamente cierto por la falta de datos necesarios en *C. mexicanus*.

El taxón es de hábitos semi-excavadores y forma grandes grupos a los que se les llama colonias (Hafner et al. 1998). Tienen un papel de importancia en la cadena alimenticia, y gran influencia en el ecosistema de pastizales, tal como, contribuye a la aireación del suelo, lo fertiliza y mejora la penetración del agua en el suelo (Hafner et al. 1998; Wolff et al. 2007), se ha demostrado que esta asociada a más de 170 especies (Miller et al. 1994) lo que lo hace un buen ejemplo de arquitectos/ingeniero de ecosistemas, y de constructor de su propio nicho (Day et al. 2003; Begall et al. 2007). La construcción de madrigueras es un indicativo del éxito en adaptación y aclimatación de una especie a su hábitat (Begall et al. 2007), la respuesta que ha tenido en aclimatación a la temperatura es otro de los aspectos que le ha permitido al taxón conservarse en los hábitat ocupados (Pruett, 2004). En el paisaje en el que habita el taxón, se observan las madrigueras excavadas por el perrito, la acumulación de tierra en ellas forma montículos, que son usados como puntos de observación y vigilancia en la detección de depredadores; cuando son usadas las madrigueras, se observan las evacuaciones frescas de los animales y cuando no son usadas hay telarañas en la entrada o la vegetación no presenta corte alguno (Frías, 1987; Orta, 1988; Benítez, 2006). Aunque resulte obvio, la presencia de madrigueras activas indica que hay actividad del perrito, y con este indicador se evalúa la extinción de una colonia (Treviño-Villarreal y Grant, 1998), aunque en trabajos en perrito cola negra, se ha demostrado que la excavación de hoyos sin salida, es un mecanismo de defensa en contra de los depredadores (Hoogland, 2006), es una mala relación, asociar la alta densidad de hoyos con altas densidades del perrito, se ha llegado a justificar su control químico por igualar

a la madriguera con el hoyo (Medina, 1972; Fagerstone y Biggings, 1986; Menkens et al. 1990).

Los animales usan un sistema de alarmas, constituye una de las medidas de supervivencia junto con la formación de grupos en el pastoreo. El ladrido-alarma es un código con ventajas económicas, protege a muchos individuos y mantiene la formación de grupos, entre otros. La alarma auditiva se complementa con la alarma visual, se ha encontrado que la segunda no es tan efectiva como la primera, inclusive en muchos casos resulta en una falsa alarma que solo es interpretada por los que la observan, esto la hace menos económica que la sonora (Clark, 1979; Long, 1998; William, 2007). Los perritos también defienden su territorio de otros individuos que no son miembros de su familia, la mayoría de los trabajos que lo demuestran son en perrito cola negra, aunque las observaciones en *C. mexicaus* lo confirman, en la dispersión de los animales y en la aceptación de un nuevo miembro, se observan, los besos y reconocimiento anal (Rioja, 2003; Hoogland, 2006).

## **ANÁLISIS DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE LA ESPECIE Y DESCRIPCIÓN DE CÓMO SE OBTUVO DICHA DIAGNOSIS.**

El patrón de distribución en distintos tiempos nos indica la biogeografía de *C. mexicaus*, dicho rango geográfico se ha hecho por revisión de literatura, comunicaciones personales y recorridos en campo (González-Saldivar, 1990; Treviño-Villarreal y Grant, 1998; Scott-Morales et al. 2004). Las investigaciones de la biogeografía de perrito llanero mexicano, dependen del método aplicado y del esfuerzo de muestreo (Treviño-Villarreal y Grant, 1998) lo cual da origen a rangos no tan precisos por la mezcla de métodos de muestreo y problemas con la estimación (MacKenzie et al. 2006). Recientemente, se ha dicho que los rangos en las especies animales tienen que ver con el conocimiento espacial de las localidades de los individuos y del intervalo de tiempo inmiscuido, lo cual incluye situaciones imaginarias de un área en la que habitó el taxón, lo cual depende de una escala y un límite permitido por el estudio (MacKenzie et al. 2006), lo mismo ha sucedido con *C. mexicaus*, ya que se encontró poca información al respecto distanciada en tiempo.

Al estudiar la extensión del rango geográfico de *C. mexicanus*, es casi obligatorio, mencionar que esta especie se aisló hace miles de años (en el Pleistoceno tardío) de *C. ludovicianus* (Hoffman y Jones, 1970) y su hábitat se restringió a los Estados de Nuevo León, Coahuila, San Luis Potosí y Zacatecas, donde por fragmentación se extinguió de este último (Treviño-Villarreal y Grant, 1998). La Tabla 1, muestra los trabajos consultados. Se han mencionado estimaciones del rango geográfico de 768 km<sup>2</sup> y 1,255 km<sup>2</sup>, anteriores a 1998, en donde no se menciona ni describe el método que lleva a esas afirmaciones (Treviño-Villarreal y Grant, 1998), quizás solo sea el resultado de una estimación de rango “a ojo” (Gaston y Blackburn, 2000; MacKenzie et al. 2006).

Es interesante conocer rangos geográficos reportados por autoridades de la talla de Hall (1981), que estimó la distribución de perrito con cinco localidades (Figura 4.2); González-Saldivar (1990) y González-Saldivar (2002) halló un modelo de hábitat para el perrito y sus recorridos en campo muestran un rango más específico (Figura 4.3) con nuevos registros, los cuales son presentados en la citada Figura como sitios con presencia; esta base de datos fue tomada en cuenta para reconstruir el rango histórico (Figura 4.7) de las colonias (Treviño-Villarreal y Grant, 1998); por otro lado Ceballos et al. (1993) mostró otro rango (Figura 4.4) con localidades más sureñas; Treviño-Villarreal y Grant (1998), hicieron una búsqueda de literatura y comprobación en campo (Figura 4.5) de las colonias activas, iniciando en 1993 y reportaron la extinción de perrito llanero mexicano en el Estado de Zacatecas; Scott-Morales et al. (2004) continuó con el estudio del rango geográfico del taxón (Figura 4.6) aunque no tuvo acceso a todas las colonias y se desconoce esa información. En todos los casos, excepto Hall (1981), se presenta la información de las colonias con puntos con base en las coordenadas reportadas por cada autor, por lo cual se prefirió mencionar que cada punto representó un sitio con registro de actividad de *C. mexicanus*.

Es importante mencionar, que las coordenadas mostradas en las figuras, se interpretaron sin tener conocimiento del Datum en los trabajos citados, aunque todos coinciden en formato de ubicación (grados, minutos, segundos), en todos los casos los datos se procesaron en Mapsource ver. 6.13.6 y Google Earth ver. 4.3.7204.0836 y se llegó a la conclusión de que usaron el Datum NAD27; en algunas posiciones se encontraron inconsistencias tales como,

coordinada en cerro e incluso en un Estado diferente al mencionado, se estandarizó toda la información a WGS84.

Adicionalmente, por revisión de literatura se construyó una base de datos con los registros históricos de la distribución geográfica del perrito llanero mexicano, se interpretaron 112 registros citados en Treviño-Villarreal y Grant (1998). Con ayuda de Google Earth se observaron inconsistencias y sólo se consideraron 109 puntos efectivos (Figura 4.1 y Figura 4.7). Esta base de datos se comparó con la de CONABIO (2009) la cual coincide en tamaño, con la mostrada en las Figura 4.1 y Figura 4.7, se verificaron las citas de literatura y estas no proporcionaron información para respaldar a la misma. Se observaron inconsistencias como la de que sólo una ubicación se representó con más de un punto. También hubo discrepancias en localidades reportadas concluyendo en todos los casos que eran incorrectas, se decidió no mostrarla.

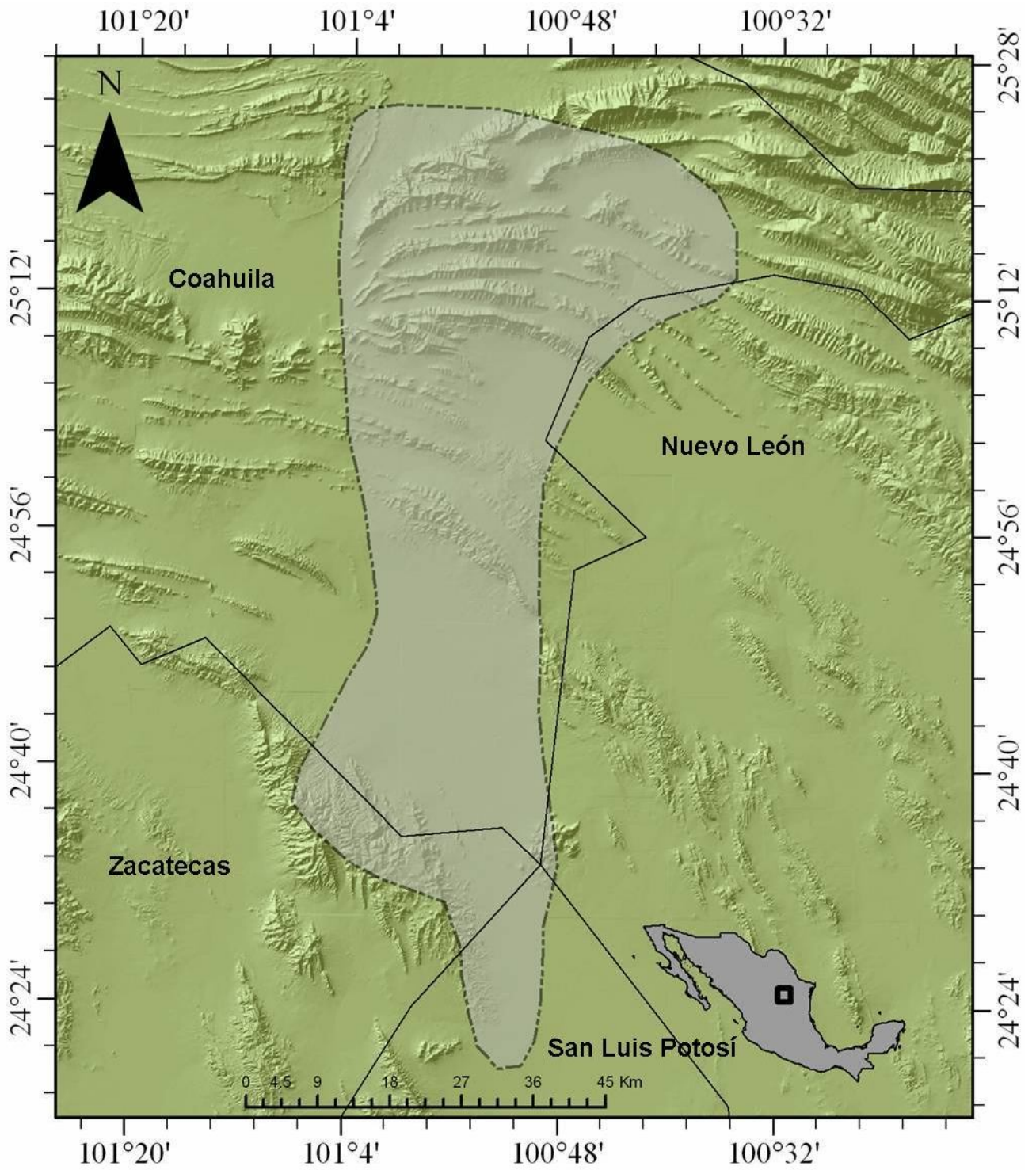


Figura 4.2. Rango geográfico de perrito llanero mexicano, según Hall (1981).



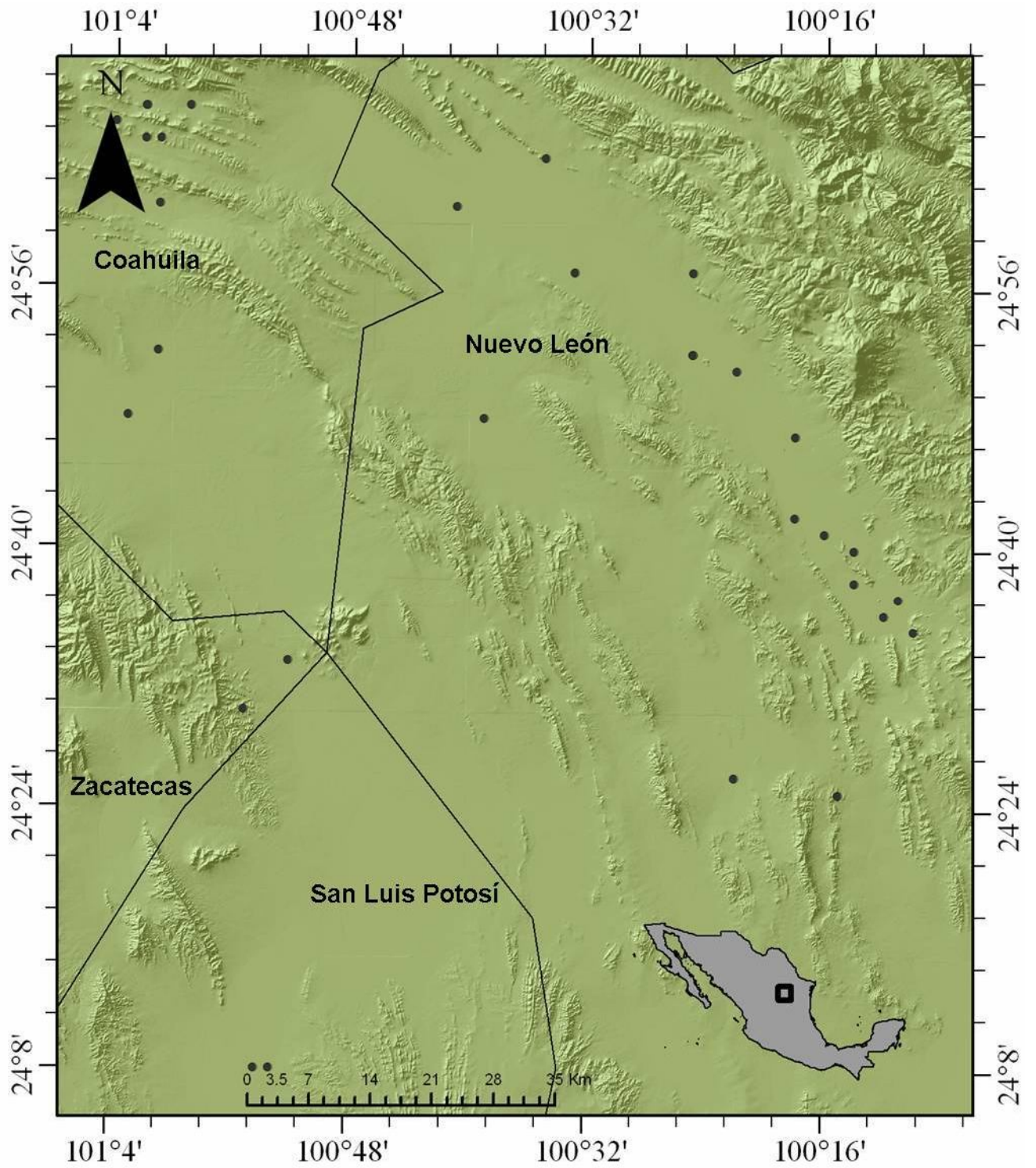


Figura 4.3. Sitios con presencia de perrito llanero mexicano, según González-Saldivar (1990) y González-Saldivar (2002).

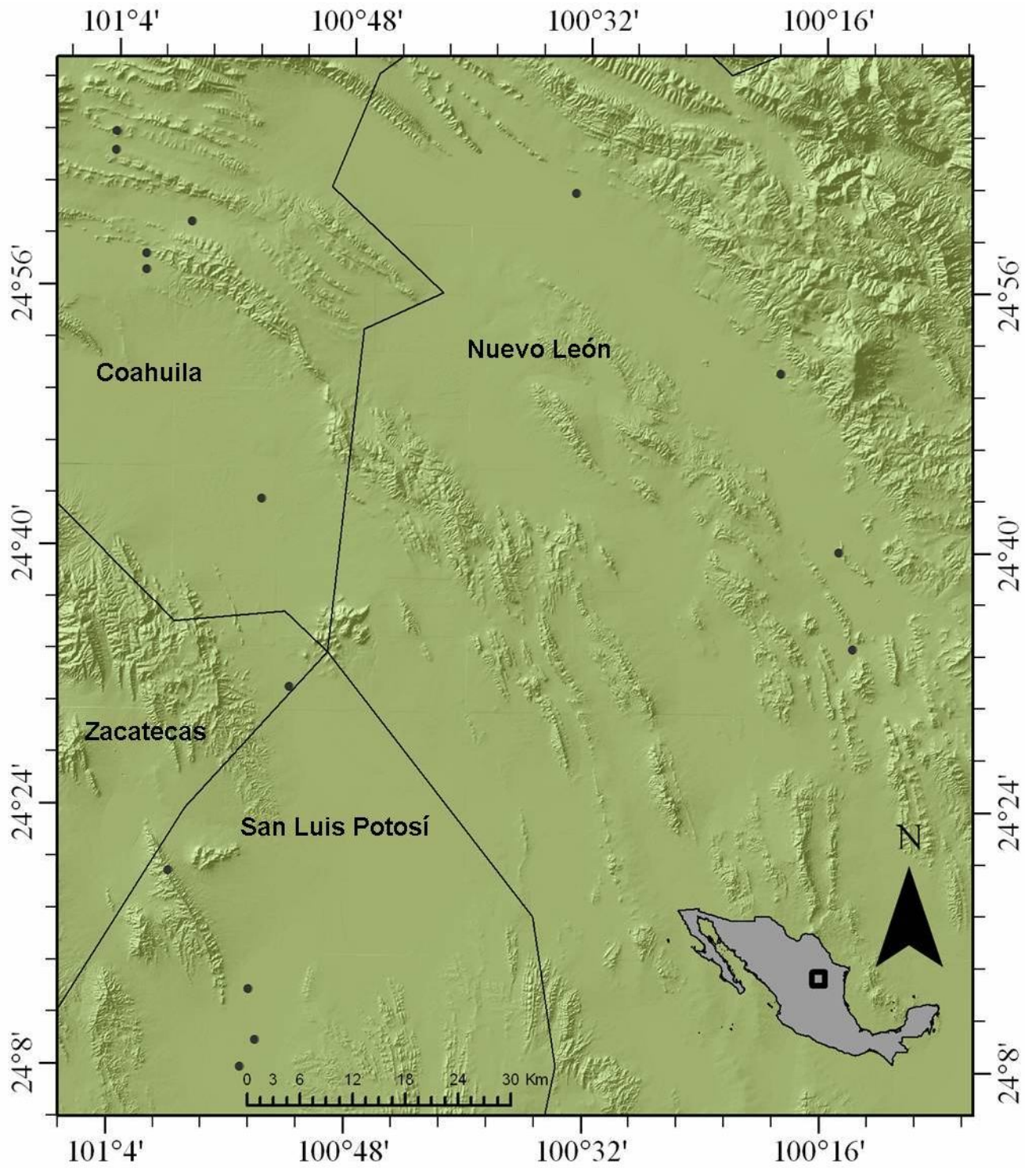


Figura 4.4. Sitios con presencia de perrito llanero mexicano, según Ceballos et al. (1993).



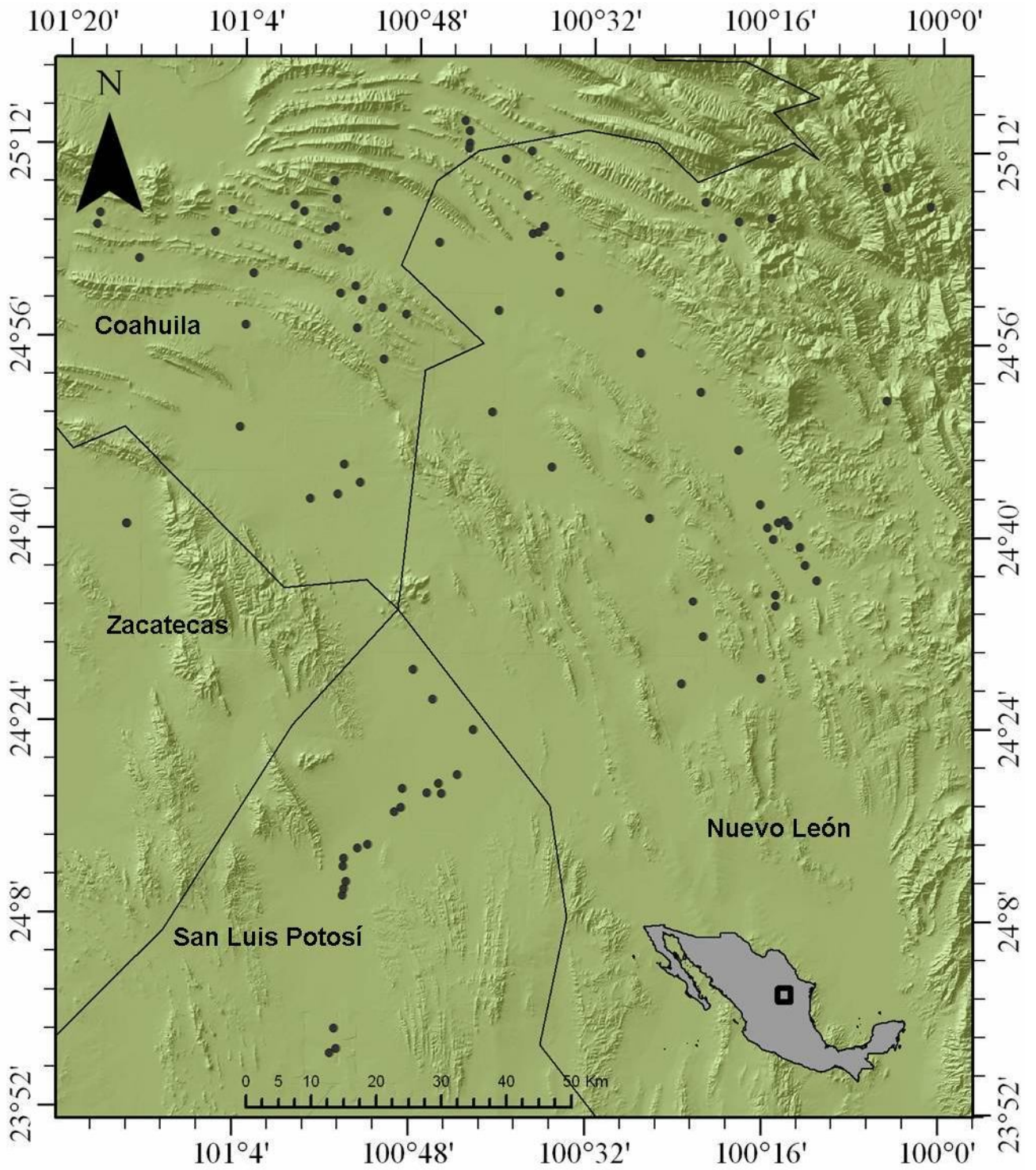


Figura 4.5. Sitios con presencia de perrito llanero mexicano, según Treviño-Villarreal y Grant (1998).



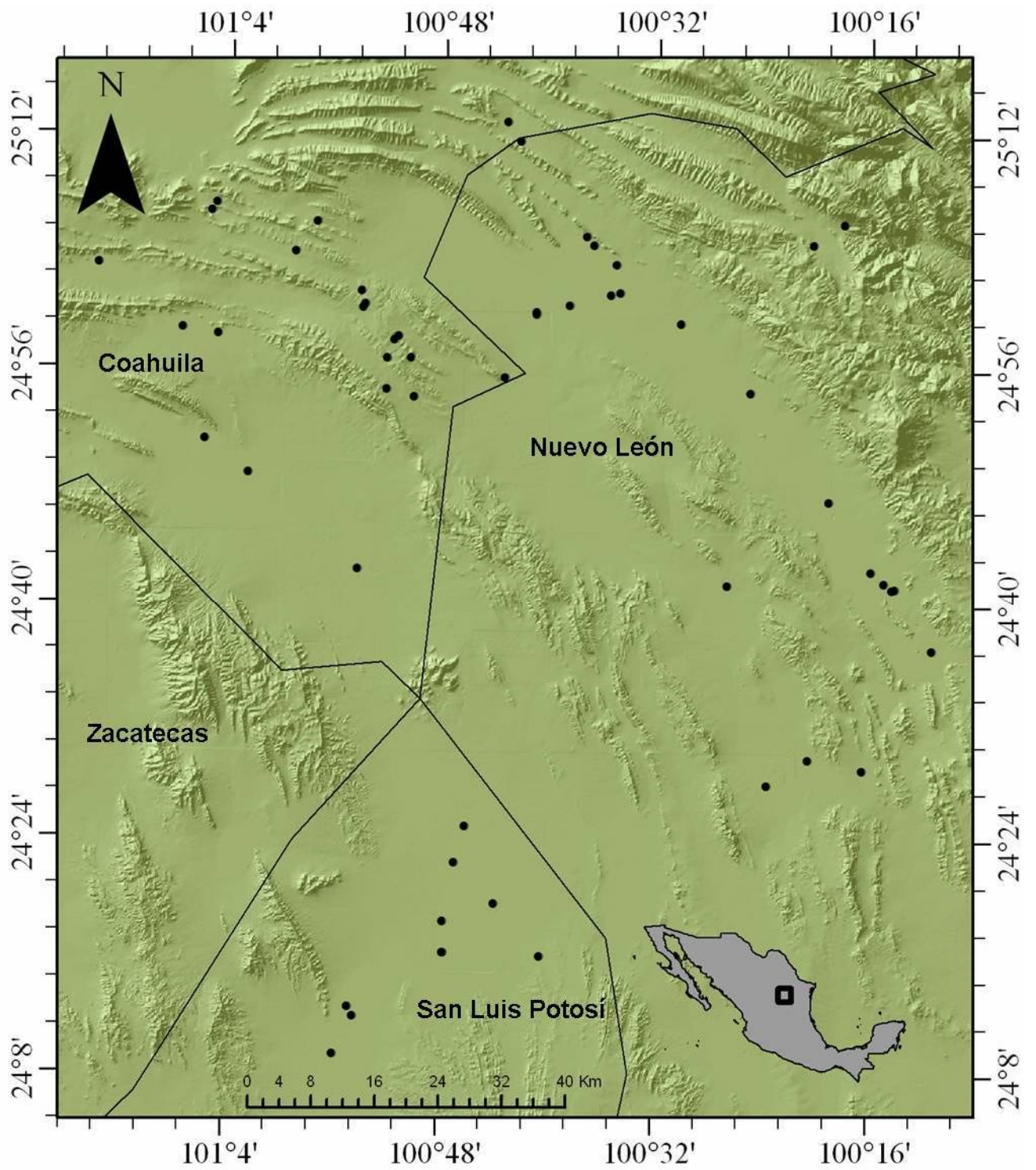


Figura 4.6. Sitios con presencia de perrito llanero mexicano, según Scott-Morales et al. (2004).

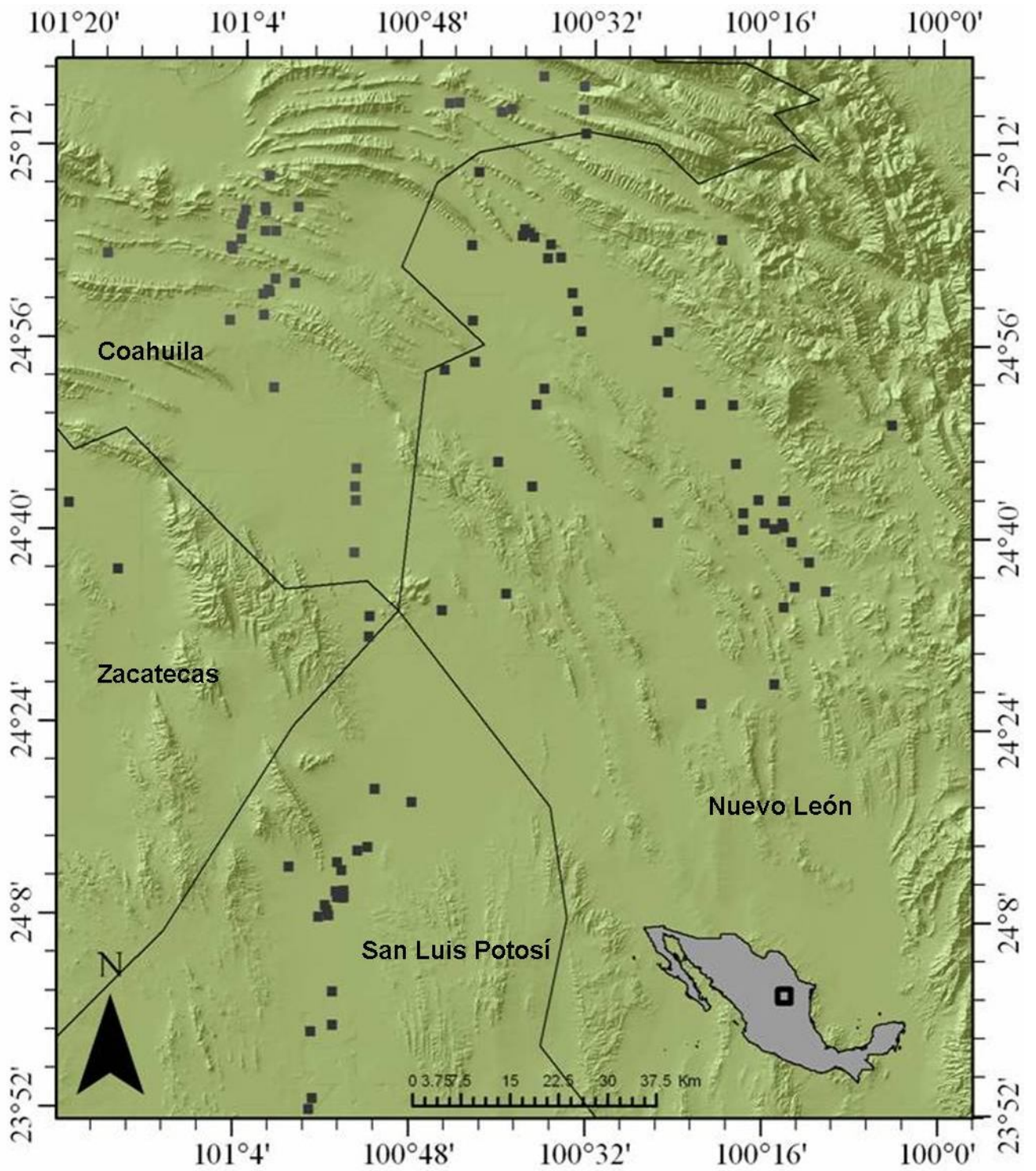


Figura 4.7. Sitios con presencia de *C. mexicanus* a nivel histórico.

Un aspecto de relevancia en la búsqueda de registros históricos del taxón, fue la edad geológica relacionada con depósitos pleistocénicos de excavaciones. La relación que tiene *C. mexicanus* con *C. ludovicianus* datan del Pleistoceno tardío o Rancholabreano (Hoffman y Jones, 1970; Mead et al. 2010). La información consultada menciona que estos hallazgos se hicieron recientemente e incrementan la reconstrucción de ambientes del Pleistoceno por el conocimiento geológico de los estratos estudiados (Díaz, 2011). La edad geológica fundamenta que *C. mexicanus* es una especie originada de *C. ludovicianus* y que la acción del tiempo y cambios en el clima de hace miles de años, modifico los ambientes en forma tal que permitió la separación de colonias de *C. ludovicianus* que ahora están en el Estado de Chihuahua, aunque la revisión de literatura mostró que las colonias de perrito cola negra llegaban al sur del País, en los Estados de Hidalgo y Jalisco en donde se encontraron registros de *Cynomys* (Álvarez, 1983, Cruz-Muñoz et al. 2006; Díaz, 2011). Esto motivo a reunir más ubicaciones de depósitos del pleistoceno (Rancholabreano) en México y que mencionaran en sus listas al género *Cynomys*, por un lado, para tener la seguridad del registro y por otro, para mostrar en un mapa el rango geográfico pleistocénico del taxón. Se encontraron dos registros de *Cynomys*, para Apaxco, Hidalgo y Chapala, Jalisco (Álvarez, 1983), no se indica la especie, aunque fueron ubicados con otros registros fósiles de roedores del Pleistoceno de esa región, lo que solo hace suponer que sean *C. mexicanus*, el bajo número de especímenes, la ausencia de una descripción detallada y la no revisión por un experto solo pueden asegurar que sean individuos fósiles del género estudiado (Goodwing, 1995). En Hueyatlaco, Valsequillo, Pue., se identificó material fósil de *C. mexicanus* (Cruz-Muñoz et al. 2006) representando el primer registro fósil en esa localidad.

Se puede concluir que, el rango geográfico actual proporciona una visión del hábitat que el taxón pudo ocupar hace miles de años, los procesos climáticos del pleistoceno explican en parte la separación de perrito llanero mexicano de *C. ludovicianus*, hacer extrapolaciones del hábitat potencial hacia el Rancholabreano del taxón requiere de mayor estudio, además debemos tomar en cuenta que en algunas especies de roedores se han cometido errores por desconocimiento de procesos geológicos y climáticos (Álvarez y Polaco, 1982; Álvarez, 1983). Por lo anterior, se construyó un mapa que es el resultado de todos los rangos

geográficos conocidos (Figura 4.8), los registros encontrados de *Cynomys* en el Rancholabreano, más las ubicaciones de depósitos fosilíferos del pleistoceno en el País.

El fundamento de la Figura 4.8, son los depósitos fosilíferos del Pleistoceno, los cuales permiten visualizar el rango geográfico pleistocénico de *C. ludovicianus*-*C. mexicanus*. Este mapa permite observar hasta donde pudo llegar *C. ludovicianus* o en donde inicio la separación a *C. mexicanus*, esta es una primera aproximación de la posible distribución geográfica en el pleistoceno de perrito llanero.

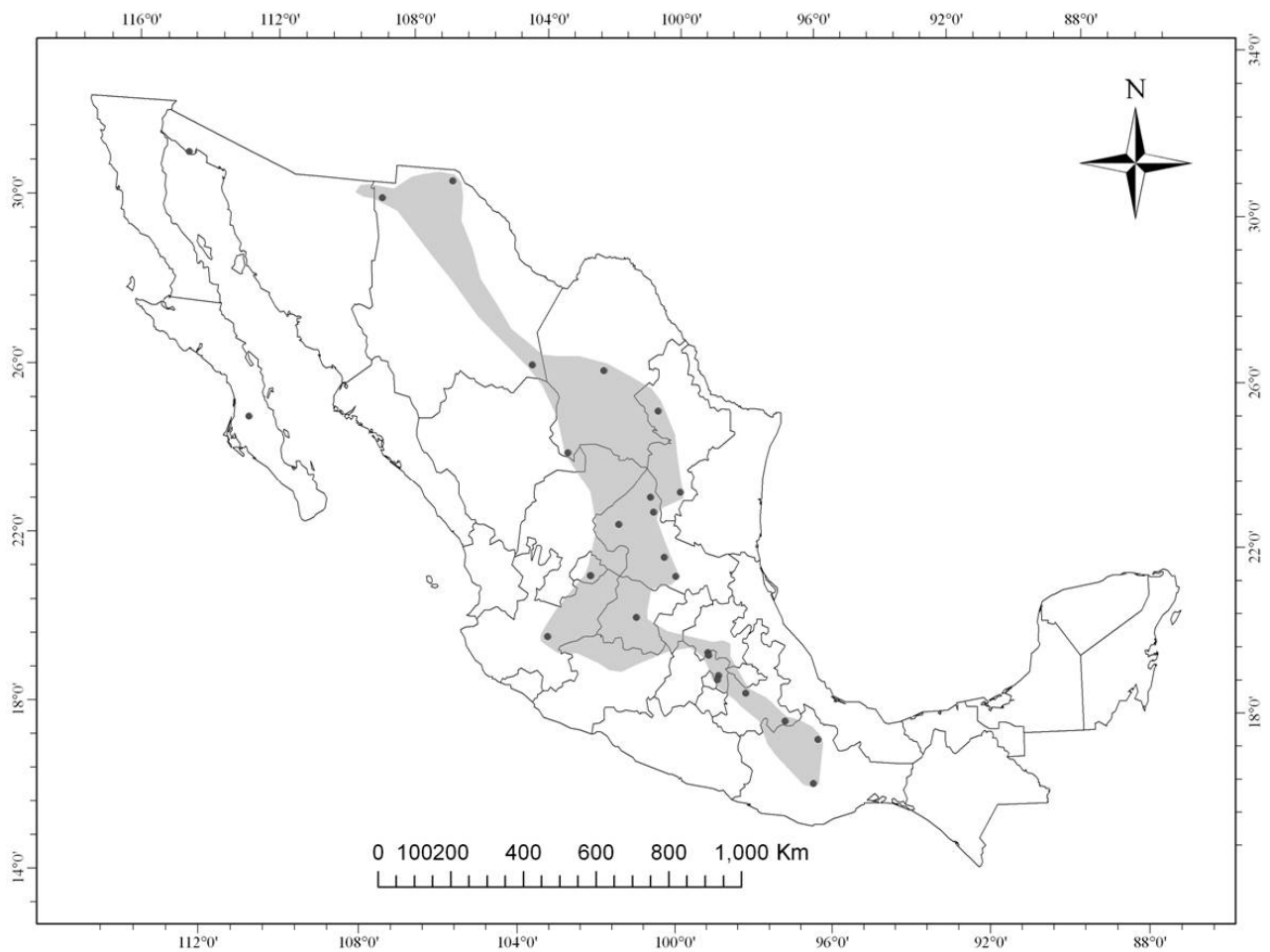


Figura 4.8. Rango geográfico pleistocénico de *C. mexicanus*-*C. ludovicianus*, basado en depósitos del Pleistoceno.

También es importante mencionar que para el estado actual y diagnosis de la especie, se debe hablar de la calidad del hábitat de perrito llanero mexicano, el cual esta relacionada con las



variables, altura de la vegetación, cobertura de pastos, cobertura de herbáceas y arbustivas, pendiente del terreno y textura del suelo; en forma global ya se ha estudiado como un modelo de hábitat para el taxón (González-Saldivar, 1990), pero no está actualizado. Se desconoce otro modelo para *C. mexicanus* en el Altiplano Mexicano, por lo tanto solo existe la información citada y la investigada en *C. ludovicianus* (Clippinger, 1983). En ocasiones, solo se ha relacionado la biomasa y el tamaño de la camada para indicar que el hábitat es de calidad para el taxón (Treviño-Villarreal, 1990; Rioja, 2003); en forma errónea, dejar fuera variables vitales para *C. mexicanus* es interpretar mal el concepto de calidad de hábitat para una especie de fauna silvestre (González-Saldivar, 1990).

El modelo estimado para calidad de hábitat de *C. mexicanus* también se le conoce como índice de aptitud de hábitat (IAH) y cubre las exigencias de alimento y cobertura del hábitat del taxón.

La ecuación se representa como sigue (González-Saldivar, 1990),

$$IAH = \sqrt[5]{IAH_1^2 * IAH_2 * IAH_3 * IAH_4}$$

Donde:  $IAH_1$ = altura de la vegetación,  $IAH_2$ = grado de cobertura de pastos,  $IAH_3$ = inclinación del terreno e  $IAH_4$ = textura del suelo.

El modelo de IAH para *C. mexicanus* es una función limitante de las variables incluidas, de tal manera que si una de ellas no está presente en el hábitat, el valor de IAH para ese hábitat será cero. La expresión teórica es una media geométrica y la relación de esta con la capacidad de carga en las colonias fue positiva ( $R = 0.90$ ), misma que explica el 90% de la variación del IAH por las cuatro variables.

De los modelos conocidos para perrito llanero (Clippinger, 1983, González-Saldivar, 1990) se sabe que la pendiente es una variable limitante del hábitat, para *C. mexicanus* se determinó que pendientes menores a 3.7% es un óptimo para el taxón (González-Saldivar, 1990) y una variable con poca correlación estadística en este tipo de modelos es la altura a la que se encuentran las colonias, usando datos de GPS y del modelo digital de elevaciones (MDE), se

encontró que las colonias estaban entre los 1,715 a 2,200 m, con esta información fue posible encontrar áreas potenciales dadas por las dos variables mencionadas, esta información podría ser de relevancia al usar tecnologías espaciales (Kushwaha y Roy, 2002). Como es conocido el rango geográfico actual de *C. mexicanus*, se consideró una ventana de respuesta en las coordenadas 25°16'22.08''N, 101°25'1.2''O y 23° 55'2.28''N, 100°8'6''O, usando ArcView 3.2 se obtuvo la superficie para las variables mencionadas, el resultado son áreas que cumplen con los criterios especificados y si sobreponen las colonias conocidas, todas caen dentro de la superficie del rango de las variables citadas. Se aclara, que no están incluidas las variables que se refieren a la vegetación (altura de la vegetación y grado de cobertura de pastos) mismas que pueden estar contenidas en imágenes digitales de Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Para el caso de la textura del suelo González-Saldivar (1990) determinó que las colonias estudiadas en los pastizales gipsófilos de Nuevo León, contenían limo-arcilla y otros tantos combinados con franco-limosos, así que los suelos franco-limo-arcillosos. Por otro lado, Treviño-Villarreal et al. (1997) estudiaron los suelos de 21 colonias de *C. mexicanus* en el Altiplano Mexicano, encontrando que son de origen coluvial y aluvial, en los que predominan las texturas limo-arcillosas, mezclados con arena; los suelos de las colonias llegan a tener 5 m de profundidad, pero predominan las de 30 y 60 cm, los perritos llaneros pueden ser vistos explorando terrenos con piedra y arena, prefiriendo las texturas arcillosas, aunque hemos observado que no es la mayoría de las veces, ya que la construcción y establecimiento de madrigueras, es en suelos con buena cantidad de arcilla y limo (González-Saldivar, 1990; Treviño-Villarreal et al. 1997).

Por otra parte, se determinó la calidad del hábitat es por un análisis de viabilidad de la población y el hábitat PHVA, el cual requiere de esa información (Scott-Morales et al. 2005), su relación con la reproducción es lógica, además de que se debe tener claro, que la calidad del hábitat no depende sólo de la vegetación, sino de eventos estocásticos (Scott-Morales et al. 2005) como la precipitación y meteoros con poca probabilidad de ocurrencia en hábitat de perrito llanero mexicano. No todas las áreas que el ojo humano considere adecuadas o con calidad para el taxón, lo son en la realidad, la interacción de la variable pendiente del terreno es una de ellas y falsamente se ha creído que las colonias del taxón están en terrenos planos.

## **EVALUACIÓN DE QUÉ FACTORES LO HACEN VULNERABLE.**

El taxón según los trabajos encaminados al estudio de la biología de la especie, han indicado que se reproducen sin problemas y que el comportamiento territorial de ellos, no sufre modificaciones visibles (González-Saldivar, 1990; Rioja, 2003; Scott-Morales et al. 2004). Tampoco se puede desligar la biología de *C. mexicanus* de la superficie que ocupa y los factores que afectan el hábitat; esto fue analizado en colonias activas de los Estados de Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí, considerando las tasas de sobrevivencia y reproductivas en hembras adultas, buscando correlaciones de las tasas vitales de poblaciones locales con cambios estacásticos atribuibles a las lluvias, sin embargo, mucha información fue tomada de *C. ludovicianus* haciendo supuestos, como considerar una alta correlación en todas las colonias estudiadas en cuanto la variación anual de las tasas vitales, con la esperanza de observar dinámica sincrónica dependiente de la cobertura vegetal y cambios afectados por la precipitación. Con ello, concluyen que perrito llanero mexicano es sensible a la calidad del hábitat (Scott et al. 2005), aunque no precisan la definición; obtienen resultados específicos en los que mencionan que las colonias del complejo del Rancho Los Ángeles, Coahuila, tienen baja riesgo de extinción y el complejo del Manantial, San Luis Potosí, alto. El estudio de Scott-Morales et al. (2005) revela que la densidad de las colonias es una variable que indica el riesgo al que esta sometida una población de *C. mexicanus*, en otras palabras colonias pequeñas están en mayor riesgo que las colonias grandes. Se dice que en las colonias de San Luis Potosí, la inmigración es una variable altamente sensible (Scott-Morales et al. 2005) que pone en mayor riesgo a *C. mexicanus*; desafortunadamente este estudio, no aplicó un análisis de fragmentación (Forman y Godron, 1986; Dramstad et al. 1996) que analiza las distancias de dispersión y toma en cuenta las áreas de las colonias, este segundo análisis, apoyaría los resultados de viabilidad de la población y el hábitat (PHVA).

La calidad del hábitat de perrito, indica que hay cuatro variables que prefiere el taxón, como la inclinación del terreno, textura del suelo, cobertura de herbáceas y altura de vegetación (González-Saldivar, 1990), este trabajo demostró estadísticamente la importancia de las variables mencionadas para determinar su calidad, la ausencia de una, se manifiesta en la nula calidad del hábitat para el taxón y en un valor de cero para el modelo. De las trece colonias

incluidas en el modelo de hábitat, solo quedan tres, por lo que se hace necesaria la actualización de calidad del hábitat (González-Saldivar, 2002), recomendándose el uso de tecnologías geoespaciales, que incluyan el rango geográfico actual del taxón (Kushwaha y Roy, 2002).

En consecuencia, se piensa que hay evidencia suficiente para asegurar que la calidad del hábitat que ocupan las colonias activas de perrito, afecta la biología del taxón. El aumento de las distancias de dispersión por fragmentación, disminución del rango geográfico, entre otros, nos lleva a concluir que la especie tiene vulnerabilidad alta y por lo tanto recibe 3 puntos.

Criterio D. Impacto de la actividad humana sobre el taxón

- Factores de riesgo reales y potenciales con la importancia relativa de cada uno de ellos.
- Análisis pronóstico de la especie.
- Evaluación del impacto.

#### **FACTORES DE RIESGO REALES Y POTENCIALES CON LA IMPORTANCIA RELATIVA DE CADA UNO DE ELLOS.**

Un riesgo real que tuvo el taxón fue el impacto de las actividades humanas en los años setenta, en ese entonces, no existían normas para su protección. Puede leerse una revisión interesante sobre la justificación de controlar por medios químicos a *C. mexicanus* considerado como un competidor con el ganado vacuno en Medina (1972), en este trabajo se cita en forma clara y precisa las definiciones de hábitat y nicho, las cuales son básicas cuando se entienden y se aplican adecuadamente. El tiempo ha demostrado que esto ha seguido en forma pasiva en forma de agricultura y labores culturales al suelo; continuando también con el pastoreo en el hábitat del taxón.

De los tres Estados ocupados por el *C. mexicanus*, en Nuevo León, actualmente se cultiva papa (*Solanum tuberosum*) y alfalfa (*Medicago sativa*), esta cultivo coincide con el hábitat de perrito llanero, se ha desplazado a los animales y las pequeñas colonias remanentes en las



áreas aledañas, reciben productos químicos de la aplicación al cultivo para plagas y enfermedades (ASERCA, 2008a; ASERCA, 2008b; Yañez, 2009). La investigación en el cultivo del tubérculo ha sido por trabajos locales en los que se hace referencia al aumento de la producción, disminución de plagas y enfermedades, el mercadeo del producto, entre otros. Ninguno menciona el impacto que ha tenido *S. tuberosum* y *M. sativa* sobre el hábitat del taxón.

La actividad agrícola que se lleva a cabo en San Rafael, municipio de Galeana, Nuevo León, ha sido de tal eficiencia que tiene el tercer lugar en producción a nivel nacional en papa (ASERCA, 1998; ASERCA, 2008b; ASERCA, 2008c) los Estados de Sinaloa y Estado de México lo anteceden. Aunque no se reconozca, el nicho ecológico del perrito llanero proporciona las condiciones para que el Estado logre dicha magnitud de producción; el mismo factor está presente en lo que fueron colonias de *C. mexicanus* en el Estado de Coahuila, en las colindancias con San Rafael, N.L. (Rivas, 2007), quizá en menor grado debido a que el municipio de Saltillo tiene aportaciones menores a la producción nacional.

Los requerimientos edáficos de la papa no se cumplen en el área agrícola de San Rafael, N.L., al parecer se ha pasado por alto, puesto que los suelos del tipo Xerosol, en su mayoría háplicos, calcáreos y en poca proporción gipsicos (INEGI, 1977) benefician al cultivo, los terrenos del hábitat de perrito llanero son más o menos planos (expresión agrícola de característica deseable) en donde no se encharca el agua, beneficio propio de los Xerosoles de este lugar. La temperatura de estos lugares aumenta la evaporación del agua, permitiendo la disminución de plagas y enfermedades; aunque son requeridas aspersiones químicas para el control de plagas (ASERCA, 2008b; Yañez, 2009). Esta actividad, se hace con productos sistémicos que caen a las áreas aledañas en donde hay vegetación que el perrito consume, los excedentes que caen en el suelo quedan residuales por un tiempo. Las evidencias del uso de productos quedan en el hábitat por la gran cantidad de latas vacías desechadas en forma aleatoria por los lugares en donde hay agricultura.

Los requerimientos de agua del cultivo se han cubierto con la tecnología de riego por pivote central, la cual ha le ha dado eficiencia productiva al tubérculo en forma innegable,

actualmente, se sigue usando porque se cuenta con agua en el hábitat. Un ejemplo se tiene en El ejido El Tokio, Nuevo León, que cuenta con pozos y la actividad agrícola mermó la superficie actual de las colonias de perrito en más de un 95%, en el 2010, sólo se encontró una colonia de 3.337 ha, y en ocasiones la actividad del perrito no es visible.

A pesar de que hay superficies con fases pretocálcicas (capas de caliche) que el arado puede encontrar, no se ha detenido las labores de cultivo (Yañez, 2009) que llegan a cosechar de 45-52 ton·ha<sup>-1</sup>, cuando el rendimiento nacional es de 20.5 ton·ha<sup>-1</sup>.

La ventaja de *S. tuberosum* en estas áreas es que se trata de un cultivo de alimentación básica para el ser humano (ASERCA, 1998c, ASERCA, 2008c; ASERCA, 2008d), los pobladores se benefician por el trabajo directo de la actividad que genera el tubérculo en estas zonas, cada año se cultiva en lugares distintos según se mueva el pivote de riego (Yañez, 2009), pero cada año se afecta a colonias distintas de *C. mexicanus*.

Otra ventaja de las áreas productoras de papa de Nuevo León, es que se ubican a un lado de la carretera federal No. 57, dando un acceso inmediato al tránsito o a las bodegas del producto; las áreas de cultivo más lejanas a la carretera federal cuentan con brechas para transportar el producto.

Por otro lado, el pastoreo ha impactado las colonias de perrito llanero mexicano, desafortunadamente no existen bases de datos que den más información al respecto, salvo las observaciones que citan distintos autores en el hábitat de las colonias o las descripciones dadas cuando se controlaba al taxón (Medina, 1972).

Hay trabajos como el de Estrada-Castillón et al. (2010) que reporta la frecuencia de pastoreo a la que han sido sometidas las colonias en los tres Estados en los que se distribuye perrito llanero, efecto que se nota en el tamaño de la colonia y en la asociación vegetal. A pesar de que el ganado se mueve por las colonias de los Estados, no hay una relación cuantitativa que exprese en una base de datos el efecto real del ganado sobre las colonias de perrito. Se sabe que el pastoreo junto con la agricultura es la llamada fragmentación del hombre sobre el

hábitat del taxón y el impacto real, se manifiesta en las distancias de las colonias vecinas, mismas que al evaluarse indican una falta de conectividad en áreas sujetas a los factores mencionados.

La concepción humana de la naturaleza que se tenía en los setentas ha cambiado, sin embargo, no se encontraron trabajos en los que se evaluara el efecto benéfico de eliminar o controlar a *C. mexicanus* de su propio hábitat para beneficiar al ganado vacuno.

## **ANÁLISIS PRONÓSTICO DE LA ESPECIE**

La revisión de literatura (Tabla 4.1) nos indica que la superficie ocupada por el taxón ha cambiado en forma drástica en los últimos 25 años; el rango geográfico histórico ha disminuido (Figura 4.1) y la dinámica de cambio de *C. mexicanus* puede ser evaluada a nivel de colonia por un análisis de fragmentación (Forman y Godron, 1986; Dramstad et al. 1996; Treviño-Villarreal y Grant, 1998). Si son tomados en cuenta los hallazgos de restos fósiles del taxón en ubicaciones distantes al rango geográfico actual (Álvarez, 1983; Goodwing, 1995; Cruz-Muñoz et al. 2006; Díaz, 2011), se podrá visualizar la magnitud de dicha disminución de superficie, esto explicado por los cambios climáticos y cambios de vegetación de hace miles de años (Hoffman y Jones, 1970).

En los años setenta, hubo corrientes de pensamiento que manifestaron la necesidad de controlar el taxón (Medina, 1972), dicha experiencia no dio buenos resultados, a la fecha, no se cuenta con un plan de manejo que muestre el interés en conservar a la especie, lo más conocido es el programa de recuperación (SEMARNAT. 2000), aunque éste no cuenta con información actual.

La declinación del rango geográfico de *C. mexicanus* es una forma de predecir el estado de las colonias, que dependen del nicho ecológico y de las variables que influyen en el taxón para vivir en el hábitat conocido (Pianka, 1988; Kostelnick et al. 2007).

A pesar, de la aparente sencillez de medir las colonias actuales, estas no han estado sometidas a un plan de manejo o de monitoreo continuo, lo cual no ha permitido tener un registro detallado de los cambios del hábitat de perrito llanero.

Ahora sabemos que *C. mexicanus* es una especie microendémica por ocupar el 0.014% de la superficie total del País (NOM-059-SEMARNAT-2010) y que los cambios actuales en el rango geográfico se deben, en distinta medida, a la fragmentación del hábitat por actividades del hombre (Estrada et al. 2010) y al clima (Hoffman y Jones, 1970; Kostelnick et al. 2007).

Lo anterior puede ser cuantificado por la distancia que hay entre colonias y ser usado como un indicador de la pérdida de conectividad y disminución de interacción, así como aumento en el aislamiento entre ellas (Forman y Godron, 1986). La dispersión del taxón es un fenómeno natural que se ve interrumpido por barreras geográficas y por la fragmentación, la agricultura y pastoreo disminuyen el movimiento de animales entre colonias (Garret y Franklin, 1988; Medrano, 2010).

Se ha observado que el interés del hombre hacia el taxón también ha sido en forma fragmentada, los trabajos citados en este MER, contienen información muy distante en tiempo y espacio, unos estudian una dimensión y dejan a otras fuera; en la mayoría de los trabajos revisados sólo se toman en cuenta unas cuantas colonias del total del rango geográfico y no siempre se publican los datos que pudieran ser usados para alimentar un pronóstico de la especie, esto puede verse en las colonias en las que se inició el control químico de *C. mexicanus*, inclusive no hay un método adecuado en el seguimiento de la medición de las colonias del Rancho Los Ángeles, Coahuila, o por otro lado, no se toma en cuenta que estas colonias, dependen de sus vecindades para mantenerse sanas (Garret y Franklin, 1988; Treviño-Villarreal y Grant, 1998).

Hay ventajas ecológicas que *C. mexicanus* presenta como taxón y que le pudieran permitir tener un buen crecimiento, como lo es la formación de complejos en los tres Estados que ocupa, el más pequeño se encuentra en San Luis Potosí y los más grandes en Coahuila y Nuevo León, estos últimos mantienen conectividad en las colonias del surestre y les permite

mantener sanas sus colonias. No hay eventos de peste bubónica (*Yersinia pestis*) a nivel de colonias de *C. ludovicianus* que eliminan a colonias completas, aunque si se sabe de reportes en México, estos no han llegado a tener magnitudes considerables (Van Pelt, 1999; Hoogland, 2006). *C. mexicanus* se reproduce adecuadamente y las investigaciones hechas en la especie no indican lo contrario (González-Saldivar, 1990; Treviño-Villarreal, 1990; Rioja, 2003). El taxón es considerado como un constructor de su propio hábitat (Day et al. 2003; Begall et al. 2007) otros lo llaman arquitecto o ingeniero de ecosistemas lo que le ha permitido aclimatación a los cambios de temperatura y adaptación en el tiempo al nicho que ocupa (Kostelnick et al. 2007), *C. mexicanus* se ha ajustado a vivir al nicho Hutchinsoniano en un rango geográfico actual que ha disminuido de las direcciones sur y este, pero aumentado en las direcciones norte y sureste, mostrado en los cambios de clima de los últimos 50 años.

Se ha identificado que perrito llanero dentro de las colonias tiene un comportamiento a formar grupos para pastorear, dicha actividad se había tomado solo como hábito para alimentarse, sin embargo, estudios en *C. ludovicianus* mostraron que estos grupos permiten protección por un sistema de alarmas auditivas y visuales (William, 2007) disminuyendo la probabilidad de ataques sorpresivos por depredadores terrestres y/o voladores. En forma resumida, esto recibe el nombre de comportamiento agresivo y es parte de la evolución de los taxones que forman grupos (William, 2007). Perrito llanero mexicano construye hoyos y madrigueras, de los cuales deja de usar algunos, investigaciones en comportamiento agresivo, han mostrado que el aumento de depredadores en hábitat hostiles motivan a perrito llanero a construir más hoyos, el objetivo es tener cobertura y escape a la depredación (Hoogland, 2006).

Las desventajas ecológicas están ligadas a los cambios de clima y a los seres humanos, como la superficie de la extensión del rango geográfico ha disminuido y no se tienen estadísticas de la densidad por colonia, la medición colonias y rango geográfico son los indicadores que pudieran dar más información sobre los cambios del taxón. Tomando en cuenta el pleistoceno tardío, como edad de separación de *C. mexicanus* de *C. ludovicianus*, los cambios en la extensión del rango son más que evidentes (Figura 4.8), los registros fósiles hablan de que los cambios en clima han sido drásticos y los hábitat conocidos solo son un tránsito hacia otros. El hombre, esta incluido en la disminución del rango, se sabe que de las colonias conocidas, ha

hecho labores de pastoreo por más de 16 años (Estrada et al. 2010), incluyendo la agricultura. El cambio en las distancias de las vecindades de las colonias es el indicador medible para dicha aseveración que fue evaluada hace 13 años (Treviño-Villarreal y Grant, 1998). El cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) y alfalfa (*Medicago sativa*) en el Estado de Nuevo León, municipio de Galeana, ha eliminado colonias completas y disminuido drásticamente otras. En el Estado de Coahuila, ha aumentado la superficie de colonias de perrito llanero, pero esto no responde a un plan de manejo del taxón, más bien ya no se cultiva papa con la magnitud de hace 10 años.

## **EVALUACIÓN DEL IMPACTO**

Los antecedentes históricos del taxón y la presión que han ejercido los humanos sobre *C. mexicanus*, se han sumado a los cambios de clima y modificaciones que ha tenido el hábitat en los últimos 50 años. Los cambios de rango geográfico de *C. mexicanus* forman parte de el nicho de la especie, nuevamente la fragmentación por actividades antropogénicas han impactado y motivado a que las colonias disminuyan en tamaño o pierdan conectividad. Por ello, se considera que la actividad humana sobre el taxón ejerce alto impacto y se le asignan 4 puntos.

Valor asignado total del MER

Suma de los valores de los criterios A + B + C + D

A= 4, B= 3, C= 3 y D= 4. Total= 14 puntos.

El MER indica que esta puntuación coloca al taxón el peligro de extinción (P). Aunque esta categoría ya había sido asignada a esta especie en la NOM-059, no se contaba con el sustento cuantitativo que aporta el presente estudio con base al MER.

## **5. RELEVANCIA DE LA ESPECIE**

A lo largo de la historia reciente, se han tenido opiniones encontradas sobre el género *Cynomys* en cuanto a su valoración ecológica y económica, desde ser considerada como una plaga hasta darle atributos deseables. El taxón es considerado como un constructor de su

hábitat, cumple con funciones tan importantes como la de aireación del suelo y movimiento de tierra, mantiene los pastizales que habita con bajas alturas para la detección de depredadores, esta labor que se ha comparado como la de una pequeña máquina fertilizadora-podadora, ha permitido tener una riqueza de especies vegetales y animales que se cuenta por cientos. Los pastizales en los que hallamos al taxón son endémicos y muy escasos en el País, los suelos tienen altos contenidos de yeso o calcio, lo cual les da un carácter aparente de improductivos y en forma contradictoria son productivos. Por un lado, se decía que la ganadería tenía mermas por perrito llanero y por otro, la producción de papa es de importancia nacional y coincide con el hábitat de *C. mexicanus*.

Las lecciones de sobrevivencia dadas por *C. mexicanus* son reales, la presión humana por agricultura y pastoreo sólo han sido una parte de su historia. El taxón ha estado sometido a los cambios climáticos del Pleistoceno y no ha dejado de enfrentarse a cambios en su nicho.

*C. mexicanus* es una especie carismática, es un habitante nativo de ambientes semidesérticos, lleva ocupando su hábitat miles de años, su desaparición traería desestabilización en los pastizales, la superficie conocida de pastizales gipsófilos estaría condenada a cambios en asociaciones vegetales e invasión de otras especies por el movimiento de material vegetal por diversos medios, entre ellos el ganado vacuno. A pesar, de que se ha visto que la papa da buenos rendimientos en Nuevo León, se sabe que no es posible en horizontes de tiempo largos, por otro lado, la alfalfa también esta extendida en estas áreas al igual que otros cultivos; una vez abandonadas las tierras, se ha observado que el perrito llanero no regresa a colonizar en la mayoría de los casos, esto implica pérdida de vegetación natural y colonias de *C. mexicanus*.

Especies de aves están relacionadas con las colonias del taxón, entre ellas el gorrión de Worthen y las llamadas aves playeras como el sarapito pico largo, aunque competen a otros estudiosos, la afectación hacia perrito llanero es directa hacia la diversidad, densidad y comportamiento de otras. Las relaciones bióticas y abióticas de las especies nativas son frágiles e invisibles, adelgazarlas por error o ensayo repercute en ambientes desérticos en pocos años, la mayoría de los efectos son negativos para el ecosistema.

## **6. PROPUESTA DE MEDIDAS DE SEGUIMIENTO (RECOMENDACIONES PARA LA CONSERVACIÓN DE LA ESPECIE)**

La categoría en peligro de extinción (P) que asigna la NOM-059-SEMARNAT-2010 a perrito llanero mexicano es conocida en los círculos de investigación nacionales. El interés en la conservación de la especie lleva años en México (SEMARNAT, 2000), los trabajos de investigación citados en este MER demuestran interés en las distintas dimensiones de riesgo de la especie, aunque dichos trabajos, están aislados en tiempo y no tienen continuidad. Una de las formas que ayudaría mucho al taxón en su conservación es la concentración de la información en un banco de datos exclusivo de *C. mexicanus* con acceso libre, todo trabajo hecho en la especie debería ser concentrado en formato digital para su consulta por los interesados.

No existe un plan de manejo para el taxón, quizás una recomendación es hacerlo por Estado, considerando que las políticas de administración Estatales son las adecuadas para respaldar planes de este tipo y continuarlos. Un plan único de manejo es lo ideal, sin embargo, el hábitat de *C. mexicanus* en los tres Estados debería tratarse en forma ponderada por sus riesgos locales.

Estudiar unas cuantas colonias de *C. mexicanus* dará una visión parcial del taxón, es recomendable hacer mediciones cada tres años de todas las colonias en el Altiplano Mexicano, experiencias en otras especies de *Cynomys* en Estados Unidos, han demostrado que en este período de tiempo son visibles los cambios en los contornos de las colonias. Conocer los nuevos registros y colonias extintas es de suma importancia en el modelo de nicho ecológico del taxón, de esto depende el rango geográfico y determina los cambios espaciales de las metapoblaciones.

El uso de sensores remotos, GPS y Google Earth, son herramientas que dan mayores posibilidades de seguimiento a las colonias, el uso de archivos con extensión kml son de fácil manejo y formarían bases de datos digitales para dar continuidad al estudio de la extensión geográfica de *C. mexicanus*.



Es necesario abundar sobre el tema de distancias de dispersión en el taxón, se sabe que la fragmentación afecta la conectividad de las colonias, sin embargo, no hay trabajos que indaguen sobre el cambio en las distancias en *C. mexicanus*, sólo Medrano (2010) comprueba la distancia intracolonia de *C. mexicanus*, la cual coincide con la de *C. ludovicianus*; no discute sobre la distancia intercolonial que se ha fijado en 5000 m (Garret y Franklin, 1988), esa cantidad no tiene justificación más que la suma de los resultados de las distancias recorridas por *C. ludovicianus* en un experimento de más de 20 años en donde se siguieron a  $n = 7$  perritos llaneros. Es recomendable, aplicar la teoría básica de la estadística para probar otras distancias de dispersión intercolonial; esto basado en las vecindades de colonias de los tres Estados del Altiplano Mexicano, hemos notado que dicha distancia atribuida a Garret y Franklin (1988) tal vez sea mayor, ejemplo de ello son las colonias de La India en Coahuila, Ciénega del Toro en Nuevo León o El Manantial en San Luis Potosí, es posible que *C. mexicanus* se mueva más lejos de lo que se cree.

Es necesario conocer y entender el nicho ecológico de *C. mexicanus* para proyectarlo a escenarios futuros (para los años 2020, 2050 y 2080 existen bases de datos climáticas disponibles) e inclusive hacerlo para el Pleistoceno, cuyas bases de información climática también está disponible; a fin de entender mejor su patrón de distribución geográfica. La información resultante puede integrarse en bases de datos que incrementen el conocimiento del taxón, en tiempo y espacio por variables de clima.

Actualizar el modelo de hábitat de *C. mexicanus*, si bien ya existe, el uso de tecnologías geoespaciales mostrarían la calidad del hábitat actual. A la fecha, existe la mayoría de la información dispersa en trabajos aislados, no se ha integrado una base digital que concentre los insumos necesarios para tener un modelo de tal magnitud. A pesar de que existe información de imágenes digitales de distribución libre, no se ha usado para modelar el hábitat de *C. mexicanus* y conocer a este nivel la calidad del mismo. Existen imágenes procesadas de NDVI que pudieran ser usadas para obtener información de biomasa en las colonias, variable de importancia en este tipo de modelos. Integrar la información de textura de suelo de las colonias a un modelo geoespacial proporcionaría la aptitud del hábitat para dicha variable. Dado que es un modelo estadístico se recomienda integrar variables que tengan significación

estadística, una de ellas es la altura sobre el nivel del mar, la cual puede ser manejada en los modelos digitales de elevaciones. La integración de todas las variables puede resultar en un modelo geográfico que complemente al modelo de nicho ecológico.

Proponer un esquema de muestreo estándar en las colonias de *C. mexicanus*; no se menciona que sea fácil o rápido, ya que un muestreo tiene esas características inherentes. Lo más importante es que dicho esquema se base en la estrategia de aplicación, nos hemos dado cuenta que no es necesario muestrear todo el año, las temperaturas bajas y/o altas no lo permiten, las lluvias motivan la salida de más individuos en la superficie, los vientos disminuyen la presencia de animales y estos se dan en meses bien marcados, la dispersión de los animales esta bien definida, entre otras, estas son las fuentes de sesgos en el muestreo de perrito llanero. Los métodos de muestreo aplicables al taxón son conocidos, se recomienda usar conteos visuales con macroparcelas de 4 ha dispersas en las colonias que cubran las partes centrales o periféricas. Estimar la densidad usando el promedio y usar el valor máximo como una descripción de los datos, no como la mejor medición de la densidad, de ahí que la estación de muestreo deberá ser bien elegida. Estandarizar un método de conteos visuales exclusivo para *C. mexicanus*, del cual hay escasez en la revisión de literatura.

Si se desea aplicar el método de captura y recaptura para estimar densidad es necesario decir que es el método que proporciona mayor información, pero es el más sesgado, la estrategia de colocación de trampas en las colonias no está disponible, salvo lo ejemplos en otras especies. Una revisión de la aplicación del método junto con un período de precebado en trampas abiertas pudiera disminuir el trabajo de muestreo, en este espacio queda mejor indicar que los conteos visuales abaten costos sobre la captura y recaptura, quizás el trampeo de animales proporcione más variables al poder manipular al individuo.

## 7. Bibliografía

Álvarez, S. T. 1983. Notas sobre algunos roedores fósiles del Pleistoceno en México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*. 27: 149-163.

Álvarez, S. T. y O. J. Polaco. 1982. Restos pleistocénicos de dos especies de *Microtus* (Rodentia: Muridae) del norte de San Luis Potosí, México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*. 26: 47-53.

Avendaño, J. J. 1999. Análisis socioeconómico de las comunidades aledañas a las colonias de los perros de las praderas (*Cynomys mexicanus*) en el noreste de México. Reporte Técnico World Wildlife Fund. Programa del Desierto Chihuahuense. México. 35 pp.

Arriaga, L., J. M., Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa. 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Escala 1:1000000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D. F. 609 pp.

Baker, R. H. 1956. Mammals of Coahuila, México. University of Kansas Publications, Museum of Natural History. 9(7): 202-203.

Begall, S., H. Burda y C. E. Schleich (Eds.). 2007. Subterranean rodents. New from underground. Springer. 320 pp.

Benítez, Martínez J. V. 2006. Comportamiento e Influencia del Perrito de Llanero (*Cynomys mexicanus* Merriam) en el Pastizal Mediano Abierto. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 73 pp.

Canales-del Castillo, R., J. I. González-Rojas, I. Ruvalcaba-Ortega, y A. García-Ramírez. 2010. New breeding localities of Worthen's Sparrows in northeastern Mexico. *Journal Field Ornithology*. 81(1):5-12.

Ceballos, G. y D. E. Wilson. 1985. *Cynomys mexicanus*. *Mammalian Species*. 248:1-3.

Ceballos, G., E. Mellink y L. Hanebury. 1993. Distribution and conservation status of prairie dogs *Cynomys mexicanus* and *Cynomys ludovicianus* in Mexico. *Biological Conservation*. 63: 105-112.

Clark, T. W. 1979. The hard life of the prairie dog. *National Geographic*. 156: 270-281.

Clippinger, N. W. 1989. Habitat suitability index model: black-tailed prairie dog. Biological report 82(10.156). U. S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service Research and Development. 25 pp.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2008. Capital natural de México. Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 620 pp.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2009. *Cynomys mexicanus* (perro llanero mexicano). Distribución conocida. Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2004. Regiones Terrestres Prioritarias. Escala 1:1000000. México. Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 1998. Climas (clasificación de Köppen, modificado por García, E.). Escala 1:1000000. Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

Cruz-Muñoz, V., J. Arroyo-Cabrales y M. Montellano-Ballesteros. 2006. Micromamíferos del Pleistoceno tardío de Valsequillo, Puebla, México. Memoria del X Congreso Nacional de Paleontología. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Publicación Especial 5. pp: 33.

Day R. L., K. N. Laland y J. Odling-Smee. 2003. Rethinking adaptation: The niche-construction Perspective. *Perspectives in Biology and Medicine*. 46(1): 80-95.

Diario Oficial de la Federación (DOF). 2010. 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. Secretaría de Gobernación. México.

Díaz, S. R. 2011. Estudio de dos nuevas localidades fosilíferas del pleistoceno tardío (Rancholabreano) de los Valles Centrales del Estado de Oaxaca, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México. 100 pp.

Dramstad, E. W., D. J. Olson y T. T. Forman. 1996. *Landscape ecology principles in landscape architecture and land-use planning*. Island press. 80 pp.

Elkie, C. P., S. R. Rempel y P. A. Carr. 1999. Patch analyst user's manual a tool quantifying landscape structure. NWST Technical Manual TM-002. Ontario. 22 pp.

Estrada-Castillón, E., L. Scott-Morales, J. A. Villarreal-Quintanilla, E. Jurado-Ybarra, M. Cotera-Correa, C. Cantú-Ayala, y J. García-Pérez. 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.

Fagerstone, A. K. y D. E. Biggings. 1986. Comparison of capture-recapture and visual count indices of prairie dog densities in black-footed ferret habitat. *Great Basin Naturalist Memoirs*. 8: 94-98.

ASERCA. 1998. La papa en México, un cultivo con potencialidad. *Claridades Agropecuarias*. 5: 3-15.

ASERCA. 2008a. La economía mundial de la papa. Fondo Mundial para la Diversidad de Cultivos y la División de Producción y Protección Vegetal de la FAO. Claridades Agropecuarias. 4: 44-46.

ASERCA. 2008b. Gestión de las plagas y las enfermedades. Fondo Mundial para la Diversidad de Cultivos y la División de Producción y Protección Vegetal de la FAO. Claridades Agropecuarias. 4: 47-48.

ASERCA. 2008c. Las papas la nutrición y la alimentación. Fondo Mundial para la Diversidad de Cultivos y la División de Producción y Protección Vegetal de la FAO. Claridades Agropecuarias. 4: 49-50.

ASERCA. 2008d. La papa y la biodiversidad. Fondo Mundial para la Diversidad de Cultivos y la División de Producción y Protección Vegetal de la FAO. Claridades Agropecuarias. 4: 51-52.

Forman, T. T. y M. Godron. 1986. Landscape ecology. Wiley. NY. 619 pp.

Frías Hernández, Juan A. 1987. Consistencia y similitud de las dietas de bovino y perrito de las praderas mexicano (*Cynomys mexicanus* Merriam) en un pastizal mediano abierto. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 116 pp.

García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4a. edición. Talleres de offset Larios. 217 pp.

Garret, G. M. y L. W. Franklin. 1988. Behavioral ecology of dispersal in the black-tailed praired dog. Journal of Mammalogy. 64(2): 236-256.

Gaston, K. J. y T. M Blackburn. 2000. Pattern and Process in Macroecology. Blackwell Publishing. 377 pp.

García, E. R. y T. R. López. 1997. Rancho Demostrativo “Los Ángeles” monografía histórica (1930-1995). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 38 pp.

González Domínguez, J. L. 2004. Colonización espacio-temporal de perrito llanero (*Cynomys mexicanus*) en relación al paisaje en el Rancho los Ángeles. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 53 pp.

González-Saldivar, F. N. 1990. Der Präriehund (*Cynomys mexicanus* Merriam, 1892) im nordosten Mexikos. Entwicklung eines Modelles zur Beurteilung seines Lebensraumes. Ph.D. Dissertation, Ludwig-Maximilian-Universität, München, Deutschland. 45 pp.

González-Saldivar, F. N. 2002. El perro de las praderas Mexicano (*Cynomys mexicanus* Merriam, 1892) en el noreste de México. Desarrollo de un modelo para la evaluación de su hábitat. SEMARNAT. 65 pp.

Goodwing, H. T. 1995. Pliocene-pleistocene biogeographic history of prairie dog, genus *Cynomys* (Sciuridae). *Journal of Mammalogy*. 76(1): 100-122.

Guevara, CH. L. M. 2004. Evaluación de algunas regiones del ADNmt para analizar relaciones filogenéticas y variabilidad genética en *Cynomys mexicanus* y *Spermophilus spilosoma* (Rodentia: Sciuridae). Universidad Autónoma Metropolitana -Unidad Iztapalapa. Tesis de Maestría en Ciencias. 122 pp.

Guzmán N. J. A. 2004. Ecología de colonias de perrito llanero (*Cynomys mexicanus* M.) con diferente historial de colonización. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 52 pp.

Hafner, D. J., E. Yensen y G. L. Kirkland (Compilers and editors). 1998. North American Rodents. Status Survey and Conservation Action Plan. IUCN/SSC Rodent Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 171 pp.

- Hall, E. R. 1981. The mammals of North America. Second ed. Wiley. Vol. I. 707 pp.
- Hanski, I. 2002. Metapulation ecology. University Press Oxford. Gran Bretaña. 313 pp.
- Hernández, Gómez, M. A. 2010. Composición, estructura y cambio de uso de suelo en el zacatal gipsófilo de la Trinidad, Galeana, Nuevo León, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 68 pp.
- Hoogland, L. J. 2006. Social Behavior of Prairie Dogs. In: Conservation of the Black-tailed Praired Dog Saving North America's Western Grasslands. Hoogland L. John (Editor). Island Press. pp: 7-26.
- Hoffman, R. S. y K. S. Jones. 1970. Influence of the late-glacial and post-glacial events on the distribution of recent mammals of the northern Great Plains. Pp: 355-394. In: Pleistocene and recent-environments of the Central Great-Plains (W. Dort, Jr. y J. K. Jones, Jr., eds.) Spec. Publ. Dept. Geol., Univ Kansas. 3: 1-433.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1977. Carta edafológica. G14C74. Escala 1:50,000 (El Salado). Aguascalientes, México.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1977. Carta edafológica. G14C84. Escala 1:50,000 (San Vicente). Aguascalientes, México.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1977. Carta edafológica. F14A14. Escala 1:50,000 (Cedral). Aguascalientes, México.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1977. Carta edafológica. G14C42. Escala 1:50,000 (Sierra el Laurel). Aguascalientes, México.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1977. Carta edafológica. G14C43. Escala 1:50,000 (Agua Nueva). Aguascalientes, México.



Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1977. Carta edafológica. G14C44. Escala 1:50,000 (Huachichil). Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1977. Carta edafológica. G14C53. Escala 1:50,000 (Gómez Farías). Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1977. Carta edafológica. G14C54. Escala 1:50,000 (La Hediondilla). Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1977. Carta edafológica. G14C64. Escala 1:50,000 (El Salvador). Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1977. Carta edafológica. G14C42. Escala 1:50,000 (Sierra el Laurel). Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1977. Carta edafológica. G14C34. Escala 1:50,000 (Arteaga). Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1977. Carta edafológica. G14C45. Escala 1:50,000 (San Rafael). Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1977. Carta edafológica. G14C46. Escala 1:50,000 (Rayones). Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1977. Carta edafológica. G14C55. Escala 1:50,000 (La Paz). Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1977. Carta edafológica. G14C56. Escala 1:50,000 (Galeana). Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1977. Carta edafológica. G14C65. Escala 1:50,000 (El Carmen). Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1977. Carta edafológica. G14C66. Escala 1:50,000 (Raíces). Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1977. Carta edafológica. G14C75. Escala 1:50,000 (El Canelo). Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1977. Carta edafológica. G14C76. Escala 1:50,000 (Berlanga). Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) – Instituto Nacional de Ecología (INE). 1996. Uso de suelo y vegetación Agrupado por CONABIO (1998). Escala 1:1000000. Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

Kostelnick, J. C., D. C. Peterson, S. L. Egbert, K. M. McNyset, y J. F. Cully. 2007. Ecological niche modeling of black-tailed prairie dog habitats in Kansas. *Transactions of the Kansas Academy of Science*. 110(314): 187-200.

Kushwaha, S. P.S. y P. S. Roy. 2002. Geospatial technology for wildlife habitat evaluation. *Tropical ecology*. 43(1):137-150.

International Union for Conservation of Nature, IUCN. 2001. IUCN Red List Categories and Criteria–Version 3.1, IUCN-SSC. Disponible en línea:

([http://www.redlist.org/info/categories\\_criteria2001.html](http://www.redlist.org/info/categories_criteria2001.html)). Accesado Febrero 12, 2010.

Long, M. E. 1998. Perros de las praderas en peligro. *National Geographic*. 4: 117-130.

MacKenzie, D. I., J. D. Nichols, J. A. Royle, K. H. Pollock, L. L. Bailey, y J. E. Hines. 2006. Occupancy estimation and modeling. Inferring patterns and dynamics of species occurrence. Elsevier. 324 pp.

Mead, I. J., R. S. White, A. Baez, M. G. Hollenshead, S. L. Swift y M. C. Carpenter. 2010. Late Pleistocene (Rancholabrean) *Cynomys* (Rodentia, Sciuridae: prairie dog) from northwestern Sonora, Mexico. *Quaternary International*. 217:138–142.

Medina, Torres G. 1972. Contribución al estudio y control del perrito de las praderas mexicano (*Cynomys mexicanus* Merriam), en el Rancho Demostrativo "Los Ángeles", propiedad de la escuela superior de agricultura "Antonio Narro", de la Universidad de Coahuila. Universidad de Coahuila, Escuela Superior de Agricultura Antonio Narro. Tesis de Licenciatura. México. 109 pp.

Medina, Torres G. y J. de la Cruz. 1976. Ecología y control del perrito de las praderas mexicano (*Cynomys mexicanus* Merriam), en el norte de México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. pp: 365-418.

Medrano, Padilla M. 2010. Efecto de la fragmentación del hábitat sobre el perrito llanero *Cynomys mexicanus* en Galeana, Nuevo León, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma de Nuevo León. México. 88 pp.

Menkens, G. E., D. E. Biggins y S. H. Anderson. 1990. Visual counts as an index of white-tailed prairie dog density. *Wildlife Society Bulletin*. 83:290–296.

Miller, B., G. Ceballos y R. Reading. 1994. The prairie dog and biotic diversity. *Conservation Biology*. 8:677–681.

Mellink, E. y H. Madrigal. 1993. Ecology of Mexican prairie dog, *Cynomys mexicanus* in El Manantial, Northeastern Mexico. *Journal of Mammalogy*. 74(3): 631-635.

Navarro, A.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. Universidad Autónoma de Nuevo León. 79 pp.

Orta Dávila A. 1988. Influencia del perrito de la pradera (*Cynomys mexicanus* Merriam) en la vegetación y suelo del pastizal mediano abierto en Coahuila. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 140 pp.

Pianka, E. R. 1988. Evolutionary ecology. 4a.ed. Harper and Row. 467 pp.

Pizzimenti, J. J. y L. R. McClenaghan. 1974. Reproduction, growth and development, and behavior in the Mexicanprairie dog, *Cynomys mexicanus* (Merriam). The American Midland Naturalist. 92(1): 130-145.

Pizzimenti, J. J. 1975. Evolution of the prairie dog genus *Cynomys*. Occasional papers of the Museum of Natural History. The University of Kansas, Lawrence, Kansas. 39(10): 1-73.

Pruett, L. A. 2004. Black-tailed prairie dog association with Playa Lakes in the southern high plains and a new approach to estimating colony population sizes. MSc Thesis. Texas Tech University. 73 pp.

Reyna González, L. N. 2007. Caracterización de suelos de colonias del perrito llanero (*Cynomys mexicanus* MERRIAM) en Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. 48 pp.

Sánchez, O., R. Medellín, A. Aldama, B. Goettsch, J. Soberón, y M. Tambutti. 2007. Método de evaluación del riesgo de extinción de las especies silvestres en México (MER). Instituto Nacional de Ecología (INE-Semarnat). 170 pp.

Rioja, P. T. M. 2003. Comportamiento reproductivo del perrito llanero (*Cynomys mexicanus* MERRIAM) en el Altiplano Mexicano. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma de Nuevo León. México. 91 pp.

Rivas, M. M. A. 2007. Factores determinantes de la producción de papa en México y en el Estado de Coahuila. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 57 pp.

SEMARNAT. 2000. Proyecto de protección, conservación y recuperación del perrito llanero (*Cynomys mexicanus*). Serie: proyectos de recuperación de especies prioritarias, número 13. México. 50 pp.

Severson E. K., y G. E. Plumb. 1998. Comparison of methods to estimate population densities of black-tailed prairie dogs. *Wildlife Society Bulletin*. 26(4): 859-866.

Scott-Morales, L., E. Estrada, F. Chavez-Ramírez, y M. Cotera. 2004. Continued decline in geographic distributions of the Mexican prairie dog (*Cynomys mexicanus*). *Journal of mammalogy*. 85(6):1095-1101.

Scott-Morales, L., E. Gottschalk, y M. Mühlenberg. 2005. Decline in the endemic Mexican prairie dog *Cynomys mexicanus*: What do we know about extinction risk? *Oryx*. 39(4): 389-397.

Treviño-Villarreal, J. 1988. The annual cycle of the Mexican prairie dog (*Cynomys mexicanus* Merriam, 1892). Univ. Kansas, Lawrence, Kansas. 35 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. 139:1-27.

Treviño-Villarreal, J., W. Grant y A. Cardona-Estrada. 1997. Characterization of soil texture in Mexican prairie dog (*Cynomys mexicanus*) colonies. Texas Journal Science. 49(3): 207-214.

Treviño-Villarreal, J. y W. Grant. 1998. Geographic range of the endangered Mexican prairie dog (*Cynomys mexicanus*). Journal of Mammalogy. 79(4):1273-1287.

William, R. S. 2007. The jump-yip display, vigilance, and foraging behaviour of the black-tailed prairie dog. MSc. Thesis. University of Manitoba. Winnipeg. 448 pp.

Wolff, J. O. y Sherman, P. W. (Editors). 2007. Rodent societies: an ecological and evolutionary perspective. The University of Chicago Press. 610 pp.

Van Pelt, W (Ed.). 1999. The black-tailed prairie dog. Conservation assessment and strategy. Nongame and endangered wildlife program. Arizona game and fish department. 62 pp.

Valdés, A. M. 2003. Las ardillas de México. Biodiversitas. 8(51): 2-5.

Yañez, P. M. 2009. Experiencias Agronómicas en la Producción de “papa”. Memoria de Experiencias Profesionales. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 54 pp.

Yeaton, R. I. y J. L. 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. (Nueva Serie). 22(3): 107-130.

Yen, M. C. 2006. Cambio en cobertura y composición florística del pastizal halófilo en el Estado de Nuevo León, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. 55 pp.

## 8. RESUMEN

Criterio A= 4. Amplitud de la distribución del taxón en México. La amplitud de la distribución del taxón es muy restringida.

La superficie ocupada por las colonias activas de perrito suman 284.2 km<sup>2</sup> de esta el 47.5% de colonias actuales, se encuentra en Nuevo León (135.1 km<sup>2</sup>), el 50.4% en Coahuila (143.2 km<sup>2</sup>) y el 2.1% en San Luis Potosí (5.9 km<sup>2</sup>). Con respecto a la superficie del territorio nacional el taxón ocupa el 0.01421%, lo que la hace menos que microendémica por tener una distribución menor al 5% del territorio nacional.

Criterio B= 3. Estado del hábitat con respecto al desarrollo natural del taxón. El hábitat es hostil o muy limitante.

La agricultura y pastoreo son causa de fragmentación de las colonias, la dispersión natural de los animales se ve afectada por esta causa. Se ha observado áreas de cultivo abandonadas que no son recolonizadas y más bien invadidas por arbustivas que impiden el retorno de los animales a su rango geográfico. La pérdida de conectividad de las colonias, las exponen a problemas genéticos por la nula interacción y aislamiento con parches vecinos.

Criterio C= 3. Vulnerabilidad biológica intrínseca del taxón. La vulnerabilidad biológica es alta.

La calidad del hábitat de perrito está expuesto a eventos estocásticos de clima, este varía por la estación del año, y las épocas críticas no han sido estudiadas a detalle, en otras palabras hay escasez de trabajos que indiquen en que grado afectan las lluvias o sequías el tamaño de las camadas del taxón, aunque se reconocen los efectos, no ha habido profundidad en estos estudios. En solo una ocasión se ha ligado la calidad del hábitat a variables físicas como inclinación de terreno y textura del suelo, estas variables se mezclan con la biomasa del hábitat en forma de altura y cobertura de pastos y arbustivas. La complejidad del comportamiento de *C. mexicanus* indica que es una especie bien aclimatada a las condiciones de escasez de alimento del hábitat, pero este espacio es frágil y depende de las condiciones meteorológicas variables en todo el año. Esta variación se suma al aumento de las distancias de dispersión por

fragmentación de las actividades antropogénicas, disminución del rango geográfico y poca atención a la investigación en la biología de la especie.

Criterio D= 4. Impacto de la actividad humana sobre el taxón. La actividad humana sobre el taxón ejerce alto impacto.

Los antecedentes históricos del taxón y la presión que ha ejercido el hombre sobre el, se han sumado a los cambios de clima y modificaciones que ha tenido el hábitat en los últimos 50 años. Los cambios de rango geográfico de *C. mexicanus* forman parte de el nicho de la especie, nuevamente la fragmentación por el hombre han impactado y motivado a que las colonias disminuyan en tamaño o pierdan conectividad.

Los trabajos de investigación citados en este MER demuestran interés en las distintas dimensiones de riesgo de la especie, dichos trabajos, están aislados en tiempo y no tienen continuidad. Una propuesta estrategia útil es la concentración de la información en un banco de datos exclusivo de *C. mexicanus* con acceso libre, todo trabajo hecho en la especie debería ser concentrado en formato digital para su consulta por los interesados.

Como no existe un plan de manejo para el taxón, se recomienda elaborarlo; si se consideran las políticas de administración Estatales sería conveniente hacerlo por Estado. Un plan único de manejo es lo ideal, sin embargo, el hábitat de *C. mexicanus* ocupa tres Estados y en ellos hay riesgos locales, los cuales deben ser ponderados con cuidado y ser tomada en cuenta la superficie ocupada.

El uso de sensores remotos, GPS y Google Earth, son herramientas que dan mayores posibilidades de seguimiento a las colonias, el uso de archivos con extensión kml son de fácil manejo y formarían bases de datos digitales para dar continuidad al estudio de la extensión geográfica del taxón, estudiar unas cuantas colonias de *C. mexicanus* dará una visión parcial de los riesgos a los cuales esta sometido. Se recomienda hacer mediciones cada tres años de todas las colonias en el Altiplano Mexicano. Es necesario conocer los nuevos registros y las



colonias extintas, se sabe que esto necesario para determinar el rango geográfico e informa de los cambios espaciales de las metapoblaciones.

Se recomienda abundar sobre el tema de distancias de dispersión en el taxón, se sabe que la fragmentación afecta la conectividad de las colonias, sin embargo, no hay trabajos que indaguen sobre el cambio en las distancias intercoloniales en *C. mexicanus*. La aplicación de la teoría básica de la estadística es necesaria para probar otras distancias de dispersión, esto se basa en que hay colonias que indican que los animales se mueven más lejos de lo que se cree.

Conocer y entender el nicho de *C. mexicanus* así como sus proyecciones hacia el futuro, darán información de cómo el clima influye en las colonias, así como su efecto sobre la calidad del hábitat, el uso de tecnologías geoespaciales mostraría por áreas como las colonias responden al nicho y al hábitat que ocupa.

Estandarizar un esquema de muestreo por conteos visuales, es recomendable para conteos rápidos de la densidad del taxón a lo largo del año, la aplicación de la inferencia estadística a esta estimación dará respaldo al muestreo de densidades de *C. mexicanus*.

## **Capítulo V. ¿Cómo puede evaluarse la densidad en perrito llanero mexicano?**

Dino Ulises González Uribe<sup>1</sup>, Heriberto Díaz Solís<sup>2</sup> y Eduardo Estrada Castellón<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, N.L. 67700, AP 41

<sup>2</sup>Departamento de Recursos Naturales, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, 25315

### **Resumen**

El perrito llanero mexicano está catalogado como una especie en peligro de extinción por la Legislación Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010), su hábitat se restringe a los pastizales del Altiplano Mexicano. Una de las variables tomada en cuenta para categorizar el riesgo de extinción de las especies silvestres en México, es el estudio de la densidad por muestreo. No hay una metodología específica para el taxón que dicte el cómo hacer dicha estimación. Se encontró en la literatura distintos métodos aplicados a la estimación de la densidad, con carencia de validez estadística en ellos, incluso no hay apego a la teoría del muestreo básico. Pensamos que dos métodos para obtener la densidad son más efectivos en una misma colonia, aunque tenemos inclinación hacia la aplicación de un método de conteo rápido, siempre y cuando se tome en cuenta que la especie es fuertemente afectada por la temperatura del ambiente en horas de actividad diurna, por ello se recomienda tomar en cuenta factores que afecten la estimación de la densidad del perrito llanero mexicano.

Palabras clave: Perrito llanero mexicano, estimación de la densidad, captura-racaptura, conteos visuales, muestreo estadístico.

### **Abstract**

Mexican prairie dog is considered as an endangered species by Mexican legislation (NOM-059-SEMARNAT-2010); its habitat is restricted to Mexican Plateau grassland. Density is one of the variables used to categorize extinction risk in of wild species in Mexico. There is no specific methodology for this species that dictates how to make this estimate. It has been noticed in research on this species, that methods are different and there is a lack of statistical validity in them, even more there is no base line to the basic sampling theory. We believe that two methods for measuring density are more effective for the same prairie dog colony,

although we almosto always prefer the application of a fastest counting method. This species is strongly affected by the weather; therefore, it is recommended to take into account factors affecting the estimation of the prairie dog density.

**Key words:** Mexican prairie dog, estimation of density, capture-recapture, visual counts, statistic sampling.

## **Introducción**

En el Norte de México en los Estados de Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí se localiza el hábitat de perrito llanero mexicano (*Cynomys mexicanus* Merriam, 1892), especie declarada en peligro de extinción por la NOM-059-SEMARNAT-2010, esta especie restringe su distribución al Noreste del País. Los individuos tienen una organización social que les permiten la formación de grupos, donde el inicio se ubica en el individuo, seguido por la coterie o familia, subcolonia, colonia y la agrupación de éstas, la metapoblación resultado de la acción humana en el hábitat (Hanski, 1996; Rioja, 2003; Yeaton y Flores, 2006).

La categoría que designada la NOM-059-SEMARNAT-2010 al perrito en ocasiones, se toma como sinónimo de estatus, sustantivo que la Unión Mundial para la Naturaleza (IUCN) usa para categorizar a especies silvestres que aparecen en sus listas (IUCN, 2001). En cambio, en México se usan cuatro categorías (Probablemente extinta en el medio silvestre -E, en peligro de extinción -P, amenazadas -A y sujeta a protección especial -Pr) y son asignadas por la distribución de la especie, estado actual y pasado del hábitat, impacto de las actividades del hombre en la especie y su hábitat y los peligros intrínsecos hacia la especie (Sánchez et al. 2007).

El primer criterio que toma en cuenta la NOM es cuantificar a los individuos y ubicarlos geográficamente en un mapa, por ello, se realizó la presente investigación, para cuantificar la densidad de perrito llanero, haciendo referencia a las especies del género *Cynomys* cuando era necesario.

Este trabajo tiene como pregunta principal, cómo evaluar la densidad de perrito llanero mexicano y además, conocer cómo se ha evaluado dicha densidad en otras especies de

*Cynomys*. Así mismo, se busca conocer algún método establecido para estudiar la densidad en la especie y si en algún momento existe un protocolo de muestreo para el taxón.

En este estudio se le da mayor referencia a los métodos ya experimentados en la estimación de la densidad en el género *Cynomys*, no importando sus deficiencias estadísticas ni su falta de prueba experimental, se desea tener una visión amplia del problema de cómo determinar la densidad de *C. mexicanus*.

El objetivo de esta revisión es conocer y describir la forma de muestrear la densidad del perrito llanero, conocer las consecuencias y dificultades de utilizar diferentes metodologías y que tan apegados están los métodos a la teoría del muestreo básico.

### **Materiales y Métodos**

Se acudió a bibliotecas en búsqueda de tesis de investigación que hablen sobre perrito llanero mexicano, y se consideraron investigaciones en otras especies del género *Cynomys* importantes para el desarrollo del mismo. La tesis más antigua encontrada data de 1972 y es el punto de partida, aunque el tema principal de ella no fue el de muestreo se tomó en cuenta por la evaluación de la densidad de perrito llanero mexicano en su metodología.

También, se hizo una búsqueda en [www.google.com](http://www.google.com) en donde se localizaron artículos científicos electrónicos que mencionaran metodologías de muestreo para estimar la densidad de perrito mexicano.

Otras citas que enriquecieron este trabajo fueron consideradas, se ligaron con las tesis y artículos, de tal forma que puedan dar mayor visión de la estimación de la densidad en este taxón.

Es importante mencionar que sólo se tomaron en cuenta trabajos de investigación completos.

## **Resultados**

### **Definición del término densidad en *Cynomys mexicanus***

En una población biológica se aplica el término de abundancia, el cual se refiere a la cantidad de individuos que hay en ella (Hubbs et al. 2000; Odum, 2000) no se especifica un área determinada y en forma cualitativa se dice si hay muchos o pocos individuos; para conocerla hay que usar alguna metodología de muestreo (Seber, 1986). La organización social de perrito llanero a nivel de población es la colonia y conocer la abundancia de acuerdo con la definición dejaría fuera al hábitat, la ecología de los individuos y los procesos de nacimiento y muerte. Así que, este término no refleja en forma veraz al número buscado en una colonia y por ello se piensa que su resultado es relativo (Rioja, 2003; Sánchez et al. 2007).

En estudios específicos hechos en colonias de perrito llanero, se ha usado también el término de densidad y se define como el número de adultos, juveniles y crías por hectárea (o unidad de superficie) en donde se incluye el sexo de los individuos, y si estos estudios se extienden en el tiempo se les conoce como demografía, dándole mayor relevancia al término. También es necesario aplicar un método de muestreo para conocer la densidad (Seber, 1986; Biggins et al. 2006).

Las dos definiciones indican que es necesario usar algún método de muestreo estadístico para determinarlo, aunque es preferible usar el término de densidad al de abundancia, al usar el primero puede aplicarse aun y cuando no se tengan las edades de los individuos (Seber, 1986; Hubbs et al. 2000; Biggins et al. 2006).

Similares definiciones de densidad hay en la teoría de muestreo estadístico, y es común no clasificar a los individuos en categorías como por ejemplo edades y el término sigue siendo el mismo (Swindel, 1983; Scheaffer et al. 1986; Cochran, 1993).

Al aplicar muestreo estadístico para conocer la densidad de perrito llanero en sus colonias, debe tenerse claro que sólo se estudia a una parte de ella, esta fracción deberá ser representativa de la metapoblación, por lo tanto, el proceso de obtención de una muestra de la

densidad de la colonia dará como resultado una estimación de la densidad. En dicha estimación se desea que la muestra sea aleatoria, con la finalidad de que la densidad sea estimada sin tendencias o que muestre patrones no deseables. La contraparte de un estudio de muestreo de densidad, es el censo, en donde se cuentan a todos los perritos llaneros en todas las metapoblaciones de México, lo cual, se piensa que es costoso y tardado, por lo que el término de “estimación de la densidad” es adecuado para esta revisión (Scheaffer et al. 1986; Cochran, 1993) y aceptado por la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Sánchez et al. 2007).

### **Métodos para estimar densidad en colonias de perrito llanero**

Se han aplicado varios métodos para estimar densidad y tamaño de una colonia: conteo de madrigueras activas e inactivas, conteo del número total de madrigueras, captura-recaptura (CR) de animales y conteos visuales (CV). En esta revisión se encontró que en muchas investigaciones relacionadas se le da gran importancia a la elaboración de mapas de las colonias de perrito llanero, así como al uso de sensores remotos tales como: fotografías aéreas e imágenes vía satélite. Podrá verse que el uso de dos métodos combinados y los últimos mencionados, dan más información y precisión a la estimación de la densidad.

El uso de programas computacionales (software) también es considerado como parte esencial de la estimación buscada, por lo cual, también se mencionarán como herramientas adicionales para facilitar la labor de la obtención de la densidad. En forma adicional, los sensores remotos y el uso de sistemas de información geográfica (SIG) son de utilidad en el estudio de colonias de perrito llanero, las experiencias aquí descritas se refieren en su mayoría al perrito llanero cola negra (*C. ludovicianus*) y en algunos casos al cola blanca (*C. leucurus*), citando estas especies ya que una de las intenciones claras es poder hacerlo con el perrito llanero mexicano *C. mexicanus* (Assal, 2001; Gustafson, 2002; Magle et al. 2007).

En cuanto al conteo de madrigueras activas e inactivas y a la totalidad de madrigueras en una colonia, se aclara que no se describe por separado como se hará con CR, CV y sensores remotos; se ha notado que incluirlas en la estimación de la densidad del perrito llanero es común y representa información complementaria e importante, aunque se sabe que el correlacionar madrigueras como un indicador de densidad ha fracasado al igual que en otras

especies que viven en madrigueras (Cincotta et al. 1987; Severson y Plumb, 1998; Hubbs et al. 2000). Pero tampoco se ha dejado de aprovechar el hecho de que la presencia de madrigueras activas sea signo de la presencia de los animales, el comportamiento diurno de este individuo y la formación de colonias, tiene un efecto directo en su estructura social, esto se ha desarrollado en forma intencional en la especie para protegerse en contra de la depredación, así como un sistema de alarma que los beneficia como grupo (Hoogland, 1979).

Debe tomarse en cuenta que las madrigueras del perrito, así como sus colonias activas han sido asociadas con estudios de muchas especies de fauna silvestre (Sharps y Uresk, 1990), entre ellas *Athene cunicularia* o “lechuza pocera” (Desmond et al. 2000; Sidle et al. 2001b), *Taxidea taxus* o “tejón”, *Charadrius montanus* o “chorlito llanero” (Dreitz, 2005), se ha demostrado que las colonias de perrito llanero, tiende a aumentar la riqueza de especies (Goodrich y Buskirk, 1998; Barko et al. 1999); las especies que ocupan el mismo hábitat que las colonias no son consideradas en los estudios de estimación de la densidad de perrito llanero (Sharps y Uresk, 1990; Sidle et al. 2001b). En cambio, cuando se trató probar la efectividad de métodos de control a base de Zinc, fueron las madrigueras las importantes en la estimación de la densidad (Medina, 1972; Medina y de la Cruz, 1976; Knowles, 1986) al igual que en la colonización de la especie (Guzmán, 2004; Benítez, 2006; Milne-Laux y Sweitzer, 2006). Por ello, se ha tomado en cuenta esta información para ubicar al animal alrededor de las madrigueras activas y con el posible beneficio de estimar la variable densidad con el mejor método de muestreo.

### **Captura y recaptura de perrito llanero**

Quizá el método de CR es el más utilizado en la estimación de la densidad en fauna silvestre. El uso de capturas en campo no contempla los supuestos teóricos que deben de cumplirse para que la estimación tenga un sesgo pequeño (Seber, 1986; Greenwood y Robinson, 2006).

Los métodos que no incluyen trampeo de animales, no tienen la posibilidad de registrar variables de importancia, como el sexo, edad, peso, entre otras, la CR si lo hace (González-Saldívar, 2002).

Un supuesto teórico de este método es que la población deberá ser cerrada en el tiempo de la aplicación del método lo cual ha llevado a la controversia en su aplicación, ya que en ella se supone que no hay efectos por la migración o incluso la muerte de los individuos. Se dice que la CR como modelo, fue construida bajo bases no reales y que en poblaciones silvestres no es posible tenerlas para poder asegurar estimaciones insesgadas de la densidad animal (Otis et al. 1978; White et al. 1982; Parmenter et al. 2003). Esto ha sido, entre otros, el punto criticado en este método (Seber, 1986 y Greenwood y Robinson, 2006) y que en consecuencia, le da sustento al concepto de densidad como un proceso biológico de nacimiento y muerte afectado por las interrelaciones con el hábitat (Begon, 2006).

Al usar CR para estimar la densidad animal bajo el comentario anterior, se le conoce como la estimación de Petersen (Seber, 1986) y es posible que en el método se decida hacer muestreos repetidos en los que se espere capturar una y otra vez a los animales marcados (Greenwood y Robinson, 2006). Se ha criticado al método cuando se capturan pocos perritos llaneros (ejemplo: 5 de aproximadamente 200) aunque esto ha demostrado no ser frecuente y desarrollos teóricos han permitido más modelos que mejoran la estimación de Petersen (Chao, 1988; Chao, 1989; Chao et al. 1992; Parmenter et al. 2003).

Las dificultades de atrapar a un animal y de obtener una muestra en la misma colonia hacen que en la práctica la CR reporte estimaciones sesgadas, sin embargo, se han desarrollado formas como las hechas por Greenwood y Robinson (2006) en las que es posible aplicar este método sin que se haga la recaptura, en donde el muestreo puede hacerse en forma visual. Con esta modificación se hace posible un aumento del tamaño de la muestra, siendo esta modificación débil, en el sentido de que la muestra obtenida de esta manera es solo una que pudo ser visible, y si se toma en cuenta que el perrito llanero es un organismo fosorial puede estar bajo tierra y no ser observado por algún tiempo, habrá un aumento en la probabilidad de ver animales de una categoría, esto hará también que la estimación sea sesgada (Greenwood y Robinson, 2006).

Por lo anterior, los investigadores interesados en aplicar CR en una colonia de perrito llanero, pueden probar si los animales marcados están completamente mezclados con el resto de la



población, una tabla de contingencia puede ayudar. También es posible probar aquél supuesto de que la población sea cerrada y para ello es posible aplicar la prueba de correlación de Pearson. En ambos casos, la prueba de estos supuestos es de importancia, pues son dos de los factores que afectan la estimación de CR, aunque no debe excluirse el hecho de la existencia de factores como: la tasa de natalidad y mortalidad, así como la depredación en una colonia de estos animales (Greenwood y Robinson, 2006) o de la dispersión (Garret et al. 1982; Hoogland, 2006).

En forma complementaria el uso de software de aplicación ha ayudado a la obtención de estimaciones de la densidad en perrito llanero y en otras especies. Un listado de software utilizado en CR se puede hallar en <http://www.mbr-pwrc.usgs.gov/software.html> (visto el 5 de mayo del 2008), en este sitio se da una breve descripción de cada programa y sus requerimientos mínimos de equipo de cómputo. En general estos programas se han usado en aspectos cuantitativos de fauna silvestre, y pueden ser aplicados en colonias de perrito llanero. Un software que tiene 11 posibles modelos para probar con los datos de una población es CAPTURE, pues a través de CR pueden hacerse estimaciones de la densidad en poblaciones bajo el supuesto de “cerradez”, y se incluyen ejemplos de aplicación (Otis et al. 1978; White et al. 1982). El programa cuenta con manual del usuario y ha contribuido a la distribución y conocimiento de otro software como lo es MARK, en el que también pueden hacerse los modelos de CAPTURE, ambos programas están disponibles en la dirección electrónica citada, con los manuales respectivos. El atractivo de MARK es que estima los parámetros para animales marcados cuando ellos son reencontrados en la recaptura o que pueden ser capturados muertos en el caso de cosecha e incluye estimaciones con radio telemetría. Este programa, tiene una modificación en su modelo de estimación de la densidad animal, por re-avistamientos, es decir, no es necesario re-capturar a los animales, a ellos se les cuenta y se les identifica por las marcas puestas en su cuerpo, actividad que evita una captura más y que el programa puede estimar sin problemas. (Burnham et al. 1987).

También puede hallarse el software NOREMARK (White, 1996; White, 1996b) el cual incluye estimación por máxima verosimilitud de una distribución hipergeométrica, procedimientos de simulación por bootstrap y el uso del estimador de Borden. La ventaja del

uso de NOREMARK es que a través de simulación puede saberse cual es el tamaño de muestra adecuado para la población en estudio. El programa calcula intervalos de confianza para las estimaciones y tiene criterios de redondeo en los límites de estimación y pone cuidado cuando el número de animales marcados es mínimo (White, 1996b).

Aunque no es el objetivo central de este trabajo, es necesario decir que puede estudiarse la sobrevivencia con el uso de RELEASE, pues trabaja con datos de CR y considera la posibilidad de la existencia de que individuos ya no vistos en la recaptura, no por no ser atrapados, más bien porque los individuos de una población biológica mueren, es por ello que este software aplica una bondad de ajuste estadística. Este modelo aplica distintas probabilidades de captura, según sea un grupo o alguna característica distinguible (como por ejemplo: clases de edades o sexo de los animales), al igual que CAPTURE, MARK y NOREMARK, este también tiene manual del usuario y en el programa pueden estudiarse diversos ejemplos de aplicación (Burnham et al. 1987), los modelos hechos y calculados con RELESASE también pueden hacerse con MARK, ambos programas realizan rutinas similares aunque ya en el ambiente propio del programa proveen de adiciones que los hacen diferentes, pues dan al usuario distintas opciones de cálculo y distintas estimaciones según sea el caso.

### **Uso de trampas en CR**

Los modelos de CR se han desarrollado desde hace más de 50 años y la teoría ha sido construida alrededor de un modelo de “bolas en una urna” (Johnson y Kotz, 1977). Lo que en una urna se logra en unos segundos con el movimiento de la mano que hace las veces de una trampa y la captura libre de tendencias o elegida al azar da el ejemplo de cómo en una población biológica los factores del hábitat y los de la especie quedan fuera del alcance del modelo de CR (Otis et al. 1978; Anderson et al. 1983).

Las trampas y su ubicación en el hábitat del animal son parte esencial de un diseño de muestreo para CR, en ningún momento Johnson y Kotz (1977), mencionaron el uso de trampas en condiciones naturales, sin embargo, las experiencias en perrito cola negra han identificado que la ubicación de ellas es de importancia para asegurar “capturas” y por otro lado, aunque no discutido, es el uso de un cebo y un período de pre-cebado con trampas

abiertas, en donde el objetivo sea habituar a los animales a un cebo inocuo sin el peligro de ser capturados (Uresk et al. 1986; Deisch, 1990). El cebo usado en CR ha sido la avena en hojuelas y se ha puesto en el hábitat por períodos que van de 1 a 6 días, recomendándose una revisión a las 24 horas posteriores al primer día para verificar la cantidad consumida (Tietjen, 1976; O'Brien, 1985).

En la colocación de las trampas se ha identificado la modalidad de ponerlas en hoyos activos de los animales, si la colonia no tiene el efecto de fragmentación y en colonias fragmentadas se marcó una rejilla cuadrada para dar un arreglo sistemático y poner las trampas en los vértices de esta (Magle, 2007). Cuando las trampas se dirigen a los hoyos, se han usado más de tres de estas para asegurar el trampeo de la mayoría de los individuos (Hoogland, 2006).

Debe tomarse en cuenta que en la aplicación de CR se deben tener 4 supuestos, las marcas en los animales no deben perderse, no debe haber nacimientos ni inmigraciones durante el estudio, al igual que muertes y emigraciones y por último todos los organismos deben tener una probabilidad de ser capturados (White, 1996; White, 1996b). Al dirigir el muestreo colocando trampas a las madrigueras activas se dirige el estudio y este pierde el azar, lo cual no le permite a todos los individuos tener una probabilidad de captura, lo cual dará resultados sesgados (Hoogland, 2006; Magle, 2007).

Los arreglos sistemáticos para colocar trampas en forma de rejilla cuadrada, rectangular, triangular y los de red como telaraña han sido usados para estimar densidad en poblaciones de mamíferos pequeños, la ventaja de estos es que se puede hacer un cálculo previo del material a usar, así como la eliminación de tendencias al colocar las trampas en ciertos lugares del hábitat (Anderson et al. 1983; Wilson y Anderson, 1985; Cochran, 1993; Parmenter et al. 2003).

### **Conteos visuales CV**

El conteo de perrito llanero en forma visual es un método de estimación rápida de la densidad en las colonias, aunque en forma complementaria se ha hecho en una misma colonia CR y CV (Fagerstone y Biggings, 1986; Menkens et al. 1990).

Hay que resaltar que en este método, se ha evaluado la obstrucción visual vertical como fuente de error en los conteos visuales de perrito llanero, esta fue advertida para ser evitada y evaluada en las estimaciones de la densidad (Menkens et al. 1990) y han sido probados para casos específicos de disminución de vegetación por quemas en pastizales, más no directamente en colonias de perrito (Rickard, 1970; Robel et al. 1970), aunque se sabe que la obstrucción visual es un factor que afecta la colonización de perrito llanero en terrenos contiguos a colonias activas, pues se han usado las quemas para evaluar este efecto (Milne-Laux y Sweitzer, 2006). Se ha encontrado que cuando esta obstrucción tuvo valores de 0 al 40% no influyó en los conteos ni en la determinación de la densidad de la colonia, inclusive se llegó a la conclusión que cuando se cuantifica a los animales en parejas de observadores y hay varios grupos haciéndolo en la colonia, basta el primer conteo para que los resultados sean homogéneos, aunque, si existe la recomendación de identificar las horas en las que la actividad de los animales es máxima y así poder usar estos conteos como indicadores de densidad (Menkens et al. 1990; Powell et al. 1994).

Cuando se decide usar CV en colonias de perrito llanero, debe tomarse en cuenta que en ocasiones no puede diferenciarse entre los juveniles y adultos, machos y hembras, razón por la cual CR es un método con mayores bondades (Fagerstone y Biggings, 1986). Además que el método de CV, tiene que ver con la aplicación de parcelas de muestreo que han sido por lo general cuadradas y de tamaño que ha variado de 13 ha con subparcelas de 1.44 ha en *C. ludovicianus* (Fagerstone y Biggings, 1986), parcelas de 2 a 8 ha en *C. ludovicianus* (Knowles, 1986) de 8.1 a 13 ha, o un promedio de 10 ha, en *C. leucurus* con la intención de ser aplicado a las demás especies de *Cynomys* (Menkens et al. 1990; Menkens y Anderson 1993) de 4 ha para *C. ludovicianus* (Severson y Plumb, 1998) y en México las parcelas que se han utilizado son 0.25 ha para *C. ludovicianus* y para *C. mexicanus* 1 ha -en forma poligonal- (Ceballos et al. 1993), de 1 ha, en *C. mexicanus* (Mellink y Madrigal, 1993), 2 ha en *C. mexicanus* (Scott-Morales et al. 2005).

La finalidad del tamaño de la parcela es evitar a aquellos animales que puedan ser contados dos veces en parcelas contiguas, esto se hace para que la precisión del muestreo no se vea afectada por este factor (Fagerstone y Biggings, 1986; Knowles, 1986; Menkens et al. 1990;

Menkens y Anderson., 1993). Sin embargo, no se tiene un tamaño de parcela óptimo el cual aumente la precisión de las estimaciones, no se halló ninguna investigación en la que se recomendara un tamaño de parcela que fuera confiable para factores que pudieran elevar el error de estimación.

Es importante resaltar que en conteos visuales la variación estacional, la hibernación, así como los ritmos circadianos y el estrés termal (Pruett, 2004) son fuentes que afectan la precisión de los conteos, aunque en perrito llanero mexicano no se da la hibernación, se cree que al igual que perrito cola negra la temperatura puede afectar los conteos en un día determinado (Pruett, 2004). De acuerdo con estos argumentos los hábitos del animal deben conocerse para dirigir los conteos de tal forma que se obtenga un buen indicador de la densidad, una experiencia en *C. mexicanus* mostró que las primeras tres horas diurnas de la actividad de los animales es adecuada para los conteos (Fagerstone y Biggings, 1986; Menkens y Anderson, 1993; González-Saldívar, 2002).

#### **Elaboración de mapas de colonias de *C. mexicanus*.**

Cuando se aplica cualquier método de muestreo de los mencionados para estimar densidad de perrito llanero, un mapa es una herramienta útil y sus bondades en inventario y monitoreo son bien conocidas, además que la NOM-059-SEMARNAT-2010, recomienda su elaboración y presentarlo en la evaluación del riesgo de extinción de una especie en particular para mostrar la amplitud de la distribución de la especie en el País (Holecheck et al. 1995; Biggins et al. 2006; Sánchez et al. 2007). Es común que se diferencie entre el área de las colonias activas, inactivas y áreas sin colonizar, con la finalidad de indicar la presencia del animal en el área. También se ha aclarado que esta herramienta tiene un límite cuando las colonias son menores a 5 ha, e incluso hay confusión cuando se usan SIG en decir que las áreas denudadas son colonias activas, cuando en un reconocimiento en el terreno indica lo contrario (Sidle et al. 2001a; Gustafson, 2002; Sidle, 2002).

Incluir los atributos de la vegetación (cobertura, biomasa, densidad y frecuencia) en las áreas colonizadas por el animal al igual que la relación con las madrigueras activas e inactivas ha sido tomado en cuenta en algunos trabajos en los que se busca saber como influye la especie

en la vegetación (Orta, 1988) y también que hábitos estacionales posee. Otro objetivo ha sido el conocer la dieta del perrito llanero y su semejanza con la del ganado vacuno, pues se ha encontrado que ambos influyen en la modificación de las colonias (denudación de la superficie) y en consecuencia, se ha encontrado que las especies vegetales sufren modificaciones importantes en sus atributos (Medina, 1972; Medina y de la Cruz, 1976; Frías, 1987; Navarro, 2003).

Aunque el mapa es muy útil, en él no se pueden contar a los animales, este, se limita a ser una base de datos y seguir las tendencias de la información, por otro lado, las imágenes vía satélite se han incluido cada vez más en el estudio de colonias de perrito llanero, integrándose como técnica de monitoreo, aunque Sidle et al. (2002) han mencionado que no son adecuadas para la especie. En colonias de perrito cola negra, al sur de Dakota (E.U.A.) se usaron imágenes Ikonos pancromática con una resolución de 1-m (el costo aproximado de un imagen de este tipo fue de U.S. \$212.00), estas fueron comparadas con fotografías aéreas a color infrarrojas (1:12,000) de la misma área, no pudiendo ver en las imágenes detalles que en las fotografías si eran evidentes, identificando los límites-bordes de las colonias en forma adecuada.

En un caso similar, pero con imágenes Landsat TM de 30-m de resolución, se mapearon y monitorearon colonias de perrito cola negra en el Centro-Norte de Montana (E.U.A.), las imágenes fueron adecuadas para el monitoreo y actualización del mapa, sin embargo, no fue posible diferenciar colonias activas de inactivas. Un objetivo de esta investigación fue identificar daños en las colonias por plagas o enfermedades, lo cual no fue posible; además hubo problemas en detectar colonias cuando estas eran pequeñas. Aunado a lo anterior, la confusión entre colonias activas e inactivas fue constante, concluyendo que la resolución de la imagen da más problemas que beneficios (Gustafson, 2002). En Wyoming (E.U.A.), en colonias de perrito cola negra, se hizo un estudio donde utilizaron filtros y análisis dirigidos a mejorar imágenes Landsat 7, sin embargo, solo lograron una precisión del 70%, mencionando que la detección correcta de las colonias es más bien producto de la habilidad, que se logra con práctica, en esta investigación se comenta que el mapa representa el primer paso para obtener un modelo de detección de colonias de perrito llanero y el siguiente es, el enriquecimiento del mismo con ayuda de herramientas computacionales (Assal, 2001).

Así que, la resolución no importando el sensor, es más un problema que un beneficio y representa costos elevados, cuando se utiliza únicamente para identificar y ubicar colonias de perrito llanero. La resolución de 1-m de un Ikonos pancromática (Sidle et al. 2002) y la de 30-m de un Landsat TM (Gustafson, 2002), adicionalmente se han estudiado por los mismos autores imágenes Landsat TM (28.5-m), SPOT (10-m) e IRS (5-m), no todas estas proporcionan información confiable de las colonias, considerando que son de utilidad pobre y cuestionable, pues por inspección visual y conociendo las áreas de estudio, el suelo desnudo y los pastizales que se presentan en muchos lugares en los que hay colonias de perrito llanero, no pueden ser atribuidos solamente a la acción de estos animales, ya que en las imágenes se observaron áreas semejantes en las que no había evidencia de perrito llanero y que sin embargo, se ven iguales a determinada resolución (Gustafson, 2002; Sidle et al. 2002).

En un estudio de perrito cola negra en el noreste de Wyoming (E.U.A.), se aplicaron tres tipos de sensores remotos, 1) imágenes Landsat, 2) imágenes vía satélite por capas temáticas (mejoradas por Sistemas de Información Geográfica -SIG) y 3) reconocimiento aéreo. La finalidad fue reconocer colonias de perrito llanero con estos sensores, para ello, se conocía la ubicación y la extensión en tierra de las colonias (a lo que se le llamó localizaciones verdaderas), sirviendo de comparación para poder reportar lo que ellos llamaron precisión. Los resultados fueron: 1) 64.4% para las imágenes puras; haciendo corrección de factores ecológicos como pendiente, cobertura y suelo se llegó a una precisión del 69.2%, 2) 45.8% para las capas temáticas mejoradas y 3) 65.1% para el reconocimiento aéreo. Se dice que con métodos de filtración y procesamiento de imágenes, puede mejorar la precisión en la detección de colonias de perrito llanero, recomendando este tipo de material para extensiones grandes, en donde el costo de la metodología pueda pagarse (Assal y Lockwood, 2007).

Un dato relevante en el uso de imágenes vía satélite fue dado cuando se compararon las ubicaciones geográficas de las madrigueras de perrito cola negra al Sur de Dakota en una imagen Ikonos pancromática de 1-m de resolución, sabiendo que el diámetro promedio de estas es de 3 m y al hacer procesamiento de la imagen SIG se confundieron la madrigueras con montículos de hormigas (Sidle et al. 2002).

Es riesgoso utilizar imágenes vía satélite en cualquier resolución, se requiere de una inversión alta y la información obtenida será pobre, la precisión depende de la habilidad y del conocimiento del SIG, claro está que el mapa de las colonias será alimentado por información reciente, pero no precisa de la ubicación de las colonias (menos del 69% en el mejor de los casos), las fotografías aéreas a color pueden dar un poco más información del lugar en estudio, un vuelo aéreo igual de costoso solo ubica aproximadamente a las colonias, pero no discrimina más allá del ojo del observador en colonias activas e inactivas. El trabajo en el terreno mismo, siempre se ha indicado como laborioso, pero es el que sirve de comparación con los sensores remotos (Assal y Lockwood, 2007), y este tipo de trabajo es el que más se ha reportado para la obtención del tamaño y densidad de la colonia, así como la delimitación de la misma y el conteo de madrigueras (Knowles, 1986; Cincotta et al. 1987; Menkens et al. 1990; Menkens y Anderson, 1993; Severson y Plumb, 1998; Biggins et al. 2006).

#### **Otros factores que afectan la estimación de la densidad de las colonias.**

En una evaluación visual en zonas quemadas aledañas a colonias de perrito llanero se observó una densidad del animal extraordinaria, los animales cavaban nuevas madrigueras, pues estaban en franca colonización. Se registró que los animales ahí presentes, venían de la colonia activa y no se habían contado tantos animales antes del evento de la quema, la cobertura y altura vegetal ya no fueron un impedimento para que los animales emigraran a la nueva área (Milne-Laux y Sweitzer, 2006).

Aunque lo mencionado anteriormente es una inducción de fuego por el hombre, se demuestra que el perrito es sensible a moverse a áreas que presenten características adecuadas de hábitat, de tal forma que la migración es un factor que debe considerarse como importante en un estudio de la densidad en esta especie (Garret et al. 1982).

También, por un criterio de expansión se ha identificado que hay colonias viejas y nuevas. Esto también es un factor que debe atenderse, pues en ambos casos la tasa de reproducción y el tamaño de la camada es distinto. Se sabe que las colonias viejas presentan una expansión muy pequeña o no la hay. Inclusive también se les designa como colonias estables (Garret et al. 1982). Los miembros de la colonia se reproducen lentamente y el promedio de emergencia



de la camada de los primeros juveniles es de 3.08. (Garret et al., 1982; Hoogland, 2006). La colonia nueva, también llamada colonia joven; al contrario de la colonia vieja, se expande rápidamente, las tasas de crecimiento son altas y se ha observado que en estas colonias hay alimento suficiente para los individuos lo que lleva a pensar que hay poca competencia entre los miembros de una colonia. En colonias de este tipo, los perritos jóvenes tienen tasas de crecimiento altas, los juveniles sobreviven mejor, tienden más al apareamiento en el primer año de edad, y crían grandes camadas. (Hoogland, 2006). La emergencia de los juveniles es un dato de importancia pues estos modifican el número de la densidad de la colonia, después de un tiempo, estos ya no se diferencian de los adultos, es necesario considerarlo como un factor de interés en la estimación de la densidad.

Se ha reportado que las colonias jóvenes, están rodeadas por hábitat no utilizado pero que esta disponible para expansión de la colonia, mientras que las colonias viejas solo tienen una pequeña porción de hábitat para expansión, también, que los individuos jóvenes en colonias jóvenes tienen preferencia a alimentarse hacia la periferia de la colonia, debido tal vez a que sea este un inicio hacia la colonización. A este hábitat se le llama excedente y es posible que los perritos llaneros se muevan hacia esas áreas (Garret et al., 1982; Milne-Laux y Sweitzer, 2006). La utilidad de estos estudios radica en el hecho de aplicar muestreo en este tipo de condiciones, y tomar en cuenta que alrededor de la colonia estudiada hay hábitat excedente que representa un porcentaje del hábitat total de la colonia. La experiencia ha dicho que estos son factores de importancia que pueden sesgar las estimaciones buscadas (como lo es la densidad). Otros factores que se consideran importantes son los movimientos que pueden darse dentro de la colonia (dispersión intracolonia natal) o de una colonia a otra (dispersión intercolonial). Se ha observado que el individuo se dispersa más dentro de una colonia que entre colonias; siendo mayor el movimiento de machos que el de hembras pues estas tienden a quedarse en su territorio (Forrest y Luchsinger, 2006; Hoogland, 2006). Hasta el momento no se tienen reportes del efecto y grado con que se modifica la densidad en perrito debido a estos movimientos, se considera de importancia el estudiarlo como factor que afecta dicha estimación.

Aunque ya se había mencionado el estrés termal producido por la temperatura en perrito llanero, se ha estudiado poco, su relación con la densidad se ha demostrado y no se ha validado el resultado en perrito llanero mexicano (Pruett, 2004). Los ritmos circadianos del organismo, afectan los CV hechos en un día, así que una tendencia de los conteos realizados en una colonia en varios días demostraría este hecho, ya probado en perrito cola negra (Menkens, 1990; Pruett, 2004).

## **Discusión**

Este trabajo tuvo la finalidad de revisar cómo estimar la densidad de perrito llanero mexicano, a éste se le ha relacionado con diferentes especies que habitan en las colonias activas de dicho animal (Sharps y Uresk, 1990), las herramientas aquí citadas son otra parte esencial de los métodos de estimación, reportando en este trabajo las usadas con mayor frecuencia. Se encontró que en CR no hubo reportes acerca de la ausencia de datos en la fase de trampeo, considerando que esto es de importancia pues las estimaciones de la densidad se ven fuertemente afectadas por esta situación; se cree que al no reportar este número se da por hecho que en todas las trampas se capturó animales y esto pudiera no coincidir con el tamaño de muestra reportado, ya que este fue un dato que no se justificó y que además se reportó como muy pequeño con el que se estimó la densidad (Fagerstone y Biggings, 1986; Menkens et al. 1990; Menkens y Anderson, 1993; Severson y Plumb, 1998).

Se sugiere por tanto, que en estudios posteriores se realice un cálculo adecuado del tamaño de muestra, de ser posible para cada una de las colonias en estudio, pues el área cubierta por cada una de ella puede diferir y en consecuencia esta superficie también puede afectar los cálculos de las estimaciones (Seber, 1986; Scheaffer et al. 1986; Cochran, 1993). Es por ello que, el uso de software de aplicación para CR (CAPTURE, MARK, NOREMARK, SURVIV o RELEASE) y el uso de procedimientos de simulación puede ayudar a obtener información adicional en el número de animales a ser trampeados o en su defecto cuántas trampas colocar para que las estimaciones de la abundancia tengan un sustento estadístico (White, 1996; White, 1996b), pues la confiabilidad en la estimaciones de abundancia es una finalidad de trabajos en donde se aplica un método de muestreo (Seber, 1986; Scheaffer et al. 1986; Cochran, 1993).

Para la estimación de densidad fue frecuente y atractivo utilizar una metodología rápida y sencilla, bondades del propio muestreo estadístico (Scheaffer et al. 1986; Cochran, 1993) y que son aplicadas al monitoreo en colonias de perrito llanero, el método que reúne estas características es CV, pues ha demostrado ser eficiente, barato e incluso, el tamaño de muestra puede aumentar, bondad que no tiene CR, sin embargo, se aclara que es necesario el identificar las horas de mayor actividad del animal, tanto en la mañana y en la tarde, pues los conteos visuales máximos, han sido un buen indicador de la densidad para esta especie. Hay que tomar en cuenta que en este método no se diferencia el sexo y los individuos mayores a un año se asemejan a los adultos. Por último, una comparación encontrada en los distintos estudios hechos en la especie, reporta la aplicación de CR y CV en la misma colonia, ya que la primera se considera con menor sesgo que la segunda (Fagerstone y Biggings, 1986; Knowles, 1986; Menkens et al. 1990; Menkens y Anderson, 1993; Miller et al. 1994; Powell et al. 1994; Greenwood y Robinson, 2006) aunque teóricamente no se conozca el sesgo de CV.

Al considerar como estaban relacionadas las madrigueras y la abundancia de perrito llanero, se sabe que su uso como indicador de la densidad es incorrecto, pero nunca se ha dejado de reportar el total de madrigueras y su agrupación en activas e inactivas. Aquí, se propone que el conteo de madrigueras represente una base de datos en un mapa, en donde se monitoree la ubicación de las mismas, pues lo que si se sabe es que las madrigueras indican que hay actividad en la colonia por perrito; también se halló que el uso de sensores remotos para la detección de colonias activas y sus límites es más un problema que un beneficio (Assal, 2001; Sidle et al. 2001a; Gustafson, 2002; Sidle, 2002; Assal y Lockwood, 2007), sin embargo se cree que usar estas herramientas podrán apoyar un trabajo de identificación de límites y dinámica de movimiento de las madrigueras, pues esto es una información de importancia para la dispersión de la especie (Fagerstone y Biggings, 1986; Knowles, 1986; Menkens et al. 1990; Menkens y Anderson, 1993; Miller et al. 1994; Powell et al. 1994; Biggins et al. 2006; Greenwood y Robinson, 2006).

A pesar de la dificultad de la detección de colonias de perrito llanero usando sensores remotos, puede indicarse que la delimitación de estas superficies, no mostró problemas cuando se hacían recorridos a pie, incluso se considera que si se hace de esta manera la colonia se

reconoce al 100% y se puede comparar con cualquier sensor remoto (Assal, 2001; Assal y Lockwood, 2007). En el caso de uso de material digital (ortofotos e imágenes vía satélite), vale la pena hacer una elección de acuerdo con los objetivos del estudio, pues esto incide directamente en la escala a usar y en consecuencia el sensor a elegir. Nuevamente, se nota que un recorrido a pie, indicará los límites adecuados e incluso pueden evitarse confusiones si se toman datos adicionales en campo para evitar errores (Sidle et al. 2002).

Se recomienda que al elegir una unidad de muestreo, se establezca el objetivo del estudio con anterioridad, pues el tamaño de esta afecta las estimaciones en el muestreo. Cuando se estudia la dispersión de los animales en la colonia y su búsqueda de nuevos terrenos para colonizar, sus movimientos serán una fuente de error en la estimaciones de la densidad, específicamente en el método de CV, se usan unidades de muestreo cuadradas, pero hasta el momento no existe ningún reporte de la superficie óptima o en determinado caso, como calcularla, no habiendo un tamaño común o promedio para ser seleccionado como el adecuado para alguna condición particular (Fagerstone y Biggings, 1986; Knowles, 1986; Menkens et al. 1990; Ceballos et al. 1993; Mellink y Madrigal, 1993; Menkens y Anderson 1993; Severson y Plumb, 1998; Scott-Morales et al. 2005).

Se recomienda hallar un tamaño adecuado u óptimo de parcela por medio de la teoría de muestreo y de esta manera, lograr mayor precisión en la estimación de la densidad en perrito usando CV (Scheaffer et al. 1986; Cochran, 1993).

## Literatura citada

Anderson, D., P. Burnham, G. C. White y D. L. Otis. 1983. Density estimation of small-mammal populations using a trapping web and distance sampling methods. *Ecology*. 64(4): 674-680.

Assal, J. Timothy. 2001. Detection of black-tailed prairie dogs on Wyoming mixed-grass prairie integrating remote sensing and GIS. Thesis of Master of Science in Botany. Wyoming. 133 pp.

Assal, J. T. y J. A. Lockwood. 2007. Utilizing remote sensing and GIS to detect prairie dog colonies. *Rangeland Ecology and Management*. 60(1): 45-53.

Barko, A. V., J. H. Shaw y D. M. Leslie. 1999. Birds associated with black-tailed prairie dog colonies in southern shortgrass Prairie. *The Southwestern Naturalist*. 44(4): 484-489.

Begon, Michael, C. R. Townsend y J. L. Harper. 2006. *Ecology. From individuals to ecosystems*. 4a ed. Blackwell Publishing. 759 pp.

Benítez, Martínez J. V. 2006. Comportamiento e influencia del perrito de llanero (*Cynomys mexicanus* Merriam) en el Pastizal Mediano Abierto. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 73 pp.

Biggins, E. D., J. G. Sidle, D. B. Seery y A. E. Ernst. 2006. Estimating the abundance of prairie dogs. Hoogland L. J. (Editor). In: *Conservation of the Black-Tailed Prairie Dog Saving North America's Western Grasslands*. Island Press. USA. 350 pp.

Burnham, P. K., D. R. Anderson, G. C. White, C. Brownie, y K. H. Pollock. 1987. Design and analysis methods for fish survival experiments based on release-recapture. *American Fisheries Society. Monograph. No. 5*. 432 pp.

Ceballos, G., E. Mellink y L. Hanebury. 1993. Distribution and conservation status of prairie dogs *Cynomys mexicanus* and *Cynomys ludovicianus* in Mexico. *Biological Conservation*. 63: 105-112.

Chao, A. 1988. Estimating animal abundance with capture frequency data. *Journal of Wildlife Management*. 52: 295-300.

Chao, A. 1989. Estimating population size for sparse data in capture-recapture experiments. *Biometrics*. 45: 427-438.

Chao, A., S. M. Lee and S. L. Jeng. 1992. Estimating population size for capture-recapture data when capture probabilities vary time and individual animal. *Biometrics*. 48: 201-216.

Cochran, G. W. 1993. *Técnicas de muestreo*. CECSA. 10a. reimp. México. 513 pp.

Cincotta, R. P., D. W. Uresk y R. M. Hansen. 1987. A statistical model of expansion in a colony of black-tailed prairie dogs. Eighth Great Plains Wildlife Damage Control Workshop. Rapid City. p:30-33.

Deisch, S. Michele, D. W. Uresk y R. L. Linder. 1990. Effects of prairie dog rodenticides on deer mice in western south Dakota. *Great Basin Naturalist*. 50(4): 347-353.

Desmond, J. M., J. A. Savidge y K. M. Eskridge. 2000. Correlations between burrowing owl and black-tailed prairie dog decline: a 7 years analysis. *Journal of Wildlife Management*. 64(4): 1067-1075.

Dreitz, J. V. 2005. Resolving conflicts of mountain plovers (*Charadrius montanus*) breeding on agricultural lands in Colorado. Colorado Natural Heritage Program Colorado State University. pp: 1-42.

Fagerstone, A. K. y D. E. Biggings. 1986. Comparison of capture-recapture and visual count indices of prairie dog densities in black-footed ferret habitat. *Great Basin Naturalist Memoirs*. 8: 94-98.

Forrest, C. S. y J. C. Luchsinger. 2006. Past and current chemical control of prairie dogs. in: conservation of the black-tailed prairie dog saving north america's western grasslands. Hoogland L. John (Editor). Island Press. pp: 115-118.

Frías Hernández, J. A. 1987. Consistencia y similitud de las dietas de bovino y perrito de las praderas mexicano (*Cynomys mexicanus* Merriam) en un pastizal mediano abierto. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 116 pp.

Garret, G. M., J. L. Hoogland y W. L. Franklin. 1982. Demographic differences between an old and a new colony of black-tailed prairie dogs (*Cynomys ludovicianus*). *American Midland Naturalist*. 108(1): 51-58.

González-Saldívar, F. N. 2002. El perro de las praderas Mexicano (*Cynomys mexicanus* Merriam, 1892) en el Noreste de México. Desarrollo de un modelo para la evaluación de su hábitat. SEMARNAT. 65 pp.

Goodrich, M. J. y S. W. Buskirk. 1998. Spacing and ecology of north american badgers (*Taxidea taxus*) in a prairie dog (*Cynomys leucurus*) complex. *Journal of Mammalogy*. 79(1): 171-179.

Gustafson, A., Willard. 2002. Assessing landsat tm imagery for mapping and monitoring prairie dog colonies. Thesis of Master of Arts The University of Montana. 68 pp.

Guzmán Nañez, J. A. 2004. Ecología de colonias de perrito llanero (*Cynomys mexicanus* M.) con diferente historial de colonización. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 52 pp.

Greenwood, D. J. y R. A. Robinson. 2006. General census methods in: ecological census techniques. William J. Sutherland (Ed.) pp: 87-185.

Hanski, I. y M. E. Gilpin (Eds). 1996. Metapopulation biology, ecology, genetics and evolution. Academic Press. 512 pp.

Hoogland, L. J. 1979. The effect of colony size on individual alertness of prairie dogs (Sciuridae: *Cynomys* spp.). *Animal Behavior*. 27: 394-407.

Hoogland, L. J. 2006. Social behavior of prairie dogs. In: Conservation of the black-tailed prairie dog saving north america's western grasslands. Hoogland L. John (Editor). Island Press. pp: 7-26

Hubbs, H. A., T. Karels y R. Boonstra. 2000. Indices of population size for burrowing mammals. *Journal of Wildlife Management*. 64(1): 296-301.

International Union for Conservation of Nature, IUCN. 2001. IUCN Red List Categories and Criteria – Version 3.1, IUCN-SSC ([http://www.redlist.org/info/categories\\_criteria2001.html](http://www.redlist.org/info/categories_criteria2001.html)).

Johnson, N. L. y S. Kotz. 1977. Urn models and their application: an approach to modern discrete probability theory. Wiley. 328 pp.

Knowles, J. C. 1986. Population recovery of black-tailed prairie dogs following control with zinc phosphide. *Journal of Range Management*. 39(3): 249-251.

Magle, B. S., B. T. McClintock, D. W. Tripp, G. C. White, M. F. Antolin y K. R. Crooks. 2007. Mark-resight methodology for estimating population densities for prairie dogs. *Journal of Wildlife Management*. 71(6): 2067-2073.

Medina, Torres G. 1972. Contribución al estudio y control del perrito de las praderas mexicano (*Cynomys mexicanus* Merriam), en el rancho demostrativo "Los Ángeles",



Propiedad de la Escuela Superior de Agricultura "Antonio Narro", de la Universidad de Coahuila. Universidad de Coahuila, Escuela Superior de Agricultura Antonio Narro. Tesis de Licenciatura. México. 109 pp.

Medina, Torres G. y J. de la Cruz. 1976. Ecología y control del perrito de las praderas mexicano (*Cynomys mexicanus* Merriam), en el norte de México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. pp: 365-418.

Mellink, E. y H. Madrigal. 1993. Ecology of Mexican prairie dog, *Cynomys mexicanus* in El Manantial, northeastern Mexico. *Journal of Mammalogy*. 74(3): 631-635.

Menkens, G. E., D. E. Biggins y S. H. Anderson. 1990. Visual counts as an index of white-tailed prairie dog density. *Wildlife Society Bulletin*. 83:290-296.

Menkens, G. E. y S. H. Anderson. 1993. Mark-Recapture and visual counts for estimating population size of white-tailed prairie dogs. En: Proceedings of the symposium on the management of prairie dog complexes for the reintroduction of the black-footed ferret. John L. Oldemeyer, et al. (Eds). U. S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service. Biological Report 13. pp: 67-72.

Milne-Laux S. y R. A. Sweitzer. 2006. Experimentally induced colony expansion by black-tailed prairie dogs (*Cynomys ludovicianus*) and implications for conservations. *Journal of Mammalogy*. 87(2): 296-303.

Miller, B., G. Ceballos y R. Reading. 1994. The prairie dog and biotic diversity. *Conservation Biology*. 8:677-681.

Navarro Aguirre, G. F. 2003. Determinación de la dieta estacional del perrito llanero (*Cynomys mexicanus* MERRIAM) en el Altiplano Mexicano. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Nuevo León. 79 pp.

O'Brien, J. 1985. Effectiveness of reduced strength strychnine baits for ground squirrel control. *Cal-Neva Wildlife Transactions*. pp:56-60.

Odum, E. P. 2000. *Ecología: el vínculo entre las ciencias naturales y las sociales*. CECSA. 22a. Reimp. México. 295 pp.

Orta, Dávila A. 1988. Influencia del perrito de la pradera (*Cynomys mexicanus* Merriam) en la vegetación y suelo del pastizal mediano abierto en Coahuila. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 140 pp.

Otis, D. L., K. P. Burnham, G. C. White y D. R. Anderson. 1978. Statistical inference from capture data on closed animal populations. *Wildlife Monographs*. 62: 1-135.

Parmenter, R. R., T. L. Yates, D. R. Anderson, K. P. Burnham, J. L. Dunnum, A. B. Franklin, M. T. Friggens, B. C. Lubow, M. Miller, G. S. Olson, C. A. Parmenter, J. Pollard, E. Rexstad, T.M. Shenk, T.R. Stanley, y G. C. White. 2003. Small-mammal density estimation: a field comparison of grid-based density estimators. *Ecological Monographs*. 73(1): 1-26.

Powell, L. K., R. J. Robel, K. E. Kemp y M. Duane Nellis. 1994. Aboveground counts of black-tailed prairie dogs: temporal nature and relationship to burrow entrance density. *Journal of Wildlife Management*. 58(2): 361-366.

Pruett, L. A. 2004. Black-tailed prairie dog association with Playa Lakes in the southern high plains and a new approach to estimating colony population sizes. MSc. Thesis. Texas Tech University. 73 pp.

Rickard, W. H. 1970. Ground dwelling beetles in burned and unburned vegetation. *Journal of Range Management*. 23(4): 293-294.

Rioja Paradela, T. M. 2003. Comportamiento reproductivo del perrito llanero (*Cynomys mexicanus* MERRIAM) en el Altiplano Mexicano. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma de Nuevo León. México. 91 pp.

Robel, J. R., J. N. Griggs, A. D. Dayton y L. C. Hulbert. 1970. Relationships between visual obstruction measurements and weight of grassland vegetation. *Journal of Range Management*. 23: 295-297.

Sánchez, O., R. Medellín, A. Aldama, B. Goettsch, J. Soberón y M. Tambutti. 2007. Método de evaluación del riesgo de extinción de las especies silvestres en México (MER). SEMARNAT. 173 pp.

Severson E. K. y G. E. Plumb. 1998. Comparison of methods to estimate population densities of black-tailed prairie dogs. *Wildlife Society Bulletin*. 26(4): 859-866.

Scheaffer, L. R., W. Mendenhall y R. L. Ott. 1986. Elementos de muestreo. Grupo Editorial Iberoamérica. México. 321 pp.

Seber, G. A. F. 1986. A review of estimating animal abundance. *Biometrics*. 42: 267-292.

Scott-Morales, L., E., Estrada, F. Chávez-Ramírez y M. Cotera. 2005. Decline in the endemic Mexican prairie dog *Cynomys mexicanus*: What do we know about extinction Risk? *Oryx*. 39(4): 389-397.

Sharps, C. J. y D. W. Uresk. 1990. Ecological review of black-tailed prairie dogs and associated species in western south Dakota. *Great Basin Naturalist*. 50(4): 339-345.

Sidle, G. J., D. H. Johnson, y B. R. Euliss. 2001a. Estimated areal extent of colonies of black-tailed prairie dogs in the northern Great Plains. *Journal of Mammalogy*. 82(4):928-936.

Sidele, G. J., M. Ball, T. Byer, J. J. Chynoweth, G. Foli, R. Hodorff, G. Moravek, R. Peterson, y D. N. Svingen. 2001b. Occurrence of burrowing owls in black-tailed prairie dog colonies on Great Plains national grasslands. *Journal of Raptor Research*. 35(4): 316-321.

Sidele, G. J., D. H. Johnson, B. R. Euliss y M. Tooze. 2002. Monitoring black-tailed prairie dog colonies with high-resolution satellite imagery. *Wildlife Society Bulletin*. 30(2): 405-411.

Swindel, F. B. 1983. Choice of size and number of quadrats to estimate density from frequency in poisson and binomially dispersed populations. *Biometrics*. 39: 455-464.

Tietjen, P. H. 1976. Zinc phosphide –a control agent for black-tailed prairie dog. U. S. Department of the Interior. Fish and Wildlife Service. 4 pp.

Uresk, W. D., R. M. King, A. D. Apa y R. L. Linder. 1986. Efficacy of zinc phosphide and strychnine for black-tailed prairie dog control. *Journal of Range Management*. 39(4): 298-299.

White, G. C., D. R. Anderson, K. P. Burnham, y D. L. Otis. 1982. Capture-recapture and removal methods for sampling closed populations. Los Alamos National Laboratory LA-8787-NERP. 235 pp.

White, G. C. 1996. NOREMARK: Population estimation from mark-resighting surveys. *Wildlife Society Bulletin*. 24:50-52.

White, G. C. 1996b. Program NOREMARK Software reference manual. Department of Fishery and Wildlife. Colorado State University. 30 pp.

Wilson, R. K. y D. R. Anderson. 1985. Evaluation of two density estimators of small mammal, population size. *Journal of Mammalogy*. 66(1): 13-21.

Yeaton, R. I. y J. L. 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*. (Nueva Serie) 22(3): 107-130.

## **Capítulo VI. Conteos visuales para estimar la densidad en *Cynomys mexicanus***

Dino Ulises González Uribe<sup>1</sup>, Eduardo Estrada Castellón<sup>1</sup>, César Cantú Ayala<sup>1</sup>, Fernando González Saldívar<sup>1</sup>, Humberto González Rodríguez<sup>1</sup> y Heriberto Díaz Solís<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, N.L. 67700, AP 41

<sup>2</sup>Departamento de Recursos Naturales, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, 25315

### **Resumen**

Se evaluó la densidad de perrito llanero mexicano por medio de conteos visuales, en colonias activas. El método es rápido de aplicar y se cubre una superficie considerable del área muestreada. Con la finalidad de evaluar la variación de la densidad promedio, se aplicaron distintos tamaños de parcelas de muestreo, 4, 2 y 1 ha. Las macroparcels de 4 ha, tienen la mayor variación, le siguen las de 2 y 1 ha. Los conteos visuales revelaron la actividad diurna de los animales y fue posible establecer un período de trabajo en el que se estima la densidad en las colonias. El método aplicado no interrumpe las actividades de los animales, salvo en el punto de avistamiento. Se obtuvo el tamaño mínimo de muestra, intervalos de confianza de la densidad al 95% y error de muestreo.

**Palabras clave:** Densidad de perrito llanero mexicano, *Cynomys mexicanus*, conteos visuales, macroparcela, error de muestreo.

### **Abstract**

We assessed the Mexican prairie dog density by visual counts in active colonies. The method is quick to apply and covers a considerable area. In order to evaluate the variation of the average density, we applied different sizes of sample plots, 4, 2 and 1 ha. The macroplots of 4 ha, with the greatest variation, followed by the 2 and 1 ha. Visual counts revealed diurnal animals and were able to establish a work period in which the density is estimated in the colonies. The method used does not disrupt the activities of animals, except at the point of sighting. We obtained the minimum sample size, confidence intervals at 95% density and sampling error.

**Key words:** Mexican prairie dog density, *Cynomys mexicanus*, visual counts, macroplot, sampling bias.

## Introducción

Según la normatividad mexicana, la evaluación de la densidad, mide una dimensión del riesgo de extinción de las poblaciones silvestres (Sánchez et al. 2007; DOF, 2010). La variable densidad, ha sido estudiada por diferentes métodos de muestreo en *Cynomys mexicanus* (perrito llanero mexicano) y *C. ludovicianus* (perrito cola negra) los cuales han sido captura, marcaje y recaptura (Magle et al. 2007), conteos visuales (Menkens et al. 1990; Menkens y Anderson, 1993) y conteo de madrigueras (Medina, 1972; Medina y de la Cruz, 1976; Knowles, 1986) entre otros.

El perrito llanero forma colonias y en sus actividades diurnas hace grupos, eso permite aplicar conteos visuales (CV) a una colonia activa con unidades de muestreo grandes llamadas macroparcelas (Garret y Franklin, 1988; Menkens y Anderson, 1993; Hoogland, 2006). La ventaja de utilizar conteos visuales es que permite cubrir superficies amplias en el área de estudio, lo que facilita el muestreo de áreas representativas en menor tiempo (Menkens et al. 1990; Menkens y Anderson, 1993).

Como *C. mexicanus* es una especie en peligro de extinción y endémica en México (CITES, 2000; DOF, 2010) es necesario conocer su densidad por muestreo, así como el error de estimación. Relacionado con esta estimación, es la superficie de las colonias en estudio, las cuales ya han sido investigadas por otros autores (Ceballos y Wilson, 1985; Treviño-Villarreal, 1990; González-Saldivar, 1990; Ceballos et al. 1993; Treviño y Grant, 1998).

Por estas razones, se decidió aplicar conteos visuales a las colonias de perrito llanero mexicano, para conocer su densidad, usando parcelas de 4, 2 y 1 ha, y evaluar la variación de cada una de ellas para recomendar la más eficiente. También, se pretende calcular el tamaño mínimo de parcelas para hacer una mejor estimación de la densidad por conteos visuales en colonias activas de *C. mexicanus*.

## **Materiales y Métodos**

### **Colonias activas de *C. mexicanus***

En este estudio son de interés todas las colonias de perrito llanero mexicano, sin embargo, se abocó a dos localidades del Altiplano Mexicano (Figura 6.1) el “Rancho Los Ángeles”, ubicado en el Estado de Coahuila. (25°06'44''N, 100°58'42''O) y “La Soledad” localizado en el Estado de Nuevo León (24° 54' 13''N, 100°43'42''O).

El clima en ambos lugares es del tipo seco, en el “Rancho Los Ángeles”, Coah., el subtipo que se presenta es semiseco fresco (BS), con lluvias en todo el verano, y para “La Soledad”, N. L., hay un subtipo seco templado, en el que el verano es cálido y las lluvias son escasas todo el año (Navarro, 2003; Reyna, 2007). La precipitación media anual tiene un rango de los 200 a los 500 mm. La vegetación en las localidades y que es característica de las colonias de perrito llanero mexicano, es el pastizal mediano abierto y el pastizal amacollado (común en “El Rancho Los Ángeles”), también es común encontrar pastizales gipsófilos en “La Soledad”. En las laderas circundando el hábitat del taxón es evidente el matorral micrófilo e izotal (Frías, 1987; González, 2004; Benítez, 2006; Reyna, 2007).

### **Estimación de la densidad de perrito llanero aplicando conteos visuales**

El perrito llanero es un organismo diurno que pastorea en grupos y se le observa alrededor de las madrigueras u hoyos activos en una colonia, al detectar peligro emite alarmas sonoras, es sensible a la presencia humana, por ello se determinaron distancias horizontales a las que se encontraron los animales y por triangulación se obtuvieron las posiciones geográficas de los animales (Apéndice 6.1). La flexibilidad de este método permite contar en forma visual a los animales y evaluar el cambio en el tamaño de las unidades de muestreo, al mismo tiempo, para ello se desarrolló el fundamento para obtener la ubicación de cada uno de los perritos llaneros por telemetría (determinación de distancias horizontales a partir de un punto fijo) en el Apéndice 6.1.

Con recorridos a pie en las colonias del perrito y con desplazamientos de 1,000 m sobre una línea, se hicieron estaciones que dependieron del avistamiento máximo en la estación anterior, ellas variaron de 150 a 200 m. Cada línea cruzó la mayor parte de las colonias evaluadas.



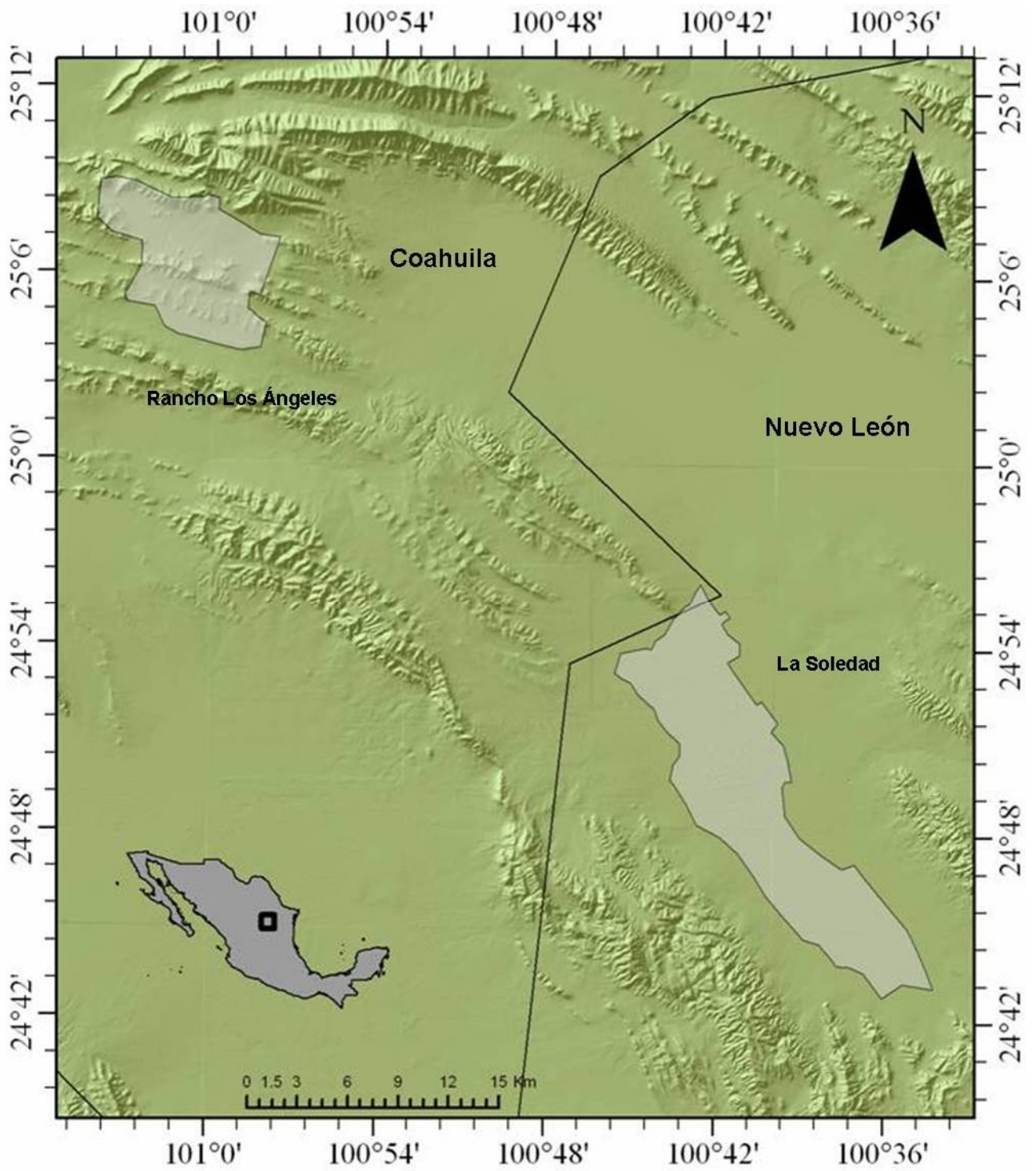


Figura 6.1. Localidades estudiadas, superior “Rancho Los Ángeles”, y “La Soledad” (inferior).

Las parcelas de muestreo de 4, 2 y 1 ha, se proyectaron en ArcView 3.2 y Google Earth, usando el Datum WGS84 en UTM; en todos los casos se obtuvo el valor promedio de la densidad y su varianza estimada. Se encontró el valor máximo de la densidad que es tomado en cuenta en el método de conteos visuales tradicional (Menkens et al. 1990; Menkens y Anderson, 1993; Severson y Plumb, 1998), sin embargo, se carece de un estimador de variación y por lo tanto no se obtuvieron conclusiones con respecto a este estimador.

### **Factores que afectan la estimación de la densidad en perrito llanero**

Las experiencias con *C. ludovicianus* han demostrado que la hora de muestreo de los CV es importante; se ha observado variación en la densidad de las colonias debido a la temperatura y viento (Menkens et al. 1990). En un día, se ha registrado que la actividad diurna de perrito es bimodal, exhibiendo dos puntos máximos de densidad (Pruett, 2004), por ello, se recomienda que los CV sean posteriores a las 8:00 am, o cuando la actividad de los animales sea evidente en la colonia y terminar antes del mediodía, evitando días con lluvia o con viento fuerte (Menkens et al. 1990; Menkens y Anderson, 1993) haciendo lo mismo para las horas de la tarde o posteriores a las 14:00 horas y antes de la puesta del sol. Las recomendaciones mencionadas, responden al hecho de que el organismo es sensible a la temperatura ambiente que directamente se refleja en la disminución de la densidad. Esto se ha identificado dentro del ritmo circadiano del organismo, que le indica a los animales cuando salir a la superficie y cuando entrar a las madrigueras si la temperatura aumenta (Menkens, 1990; Pruett, 2004; Begall et al. 2007). Tanto el ritmo circadiano como el estrés termal en perrito llanero deben tomarse en cuenta para la estimación de la densidad en las colonias y hallar la manera de hacer la mejor estimación por muestreo a través de CV (Pruett, 2004).

## **Resultados**

### **Colonias del perrito llanero**

Se actualizaron las mediciones de todas las colonias del perrito llanero incluidas en el perímetro del Rancho “Los Ángeles”, Coahuila, las cuales ocupan un 13.6% de la propiedad (Figura 6.2).

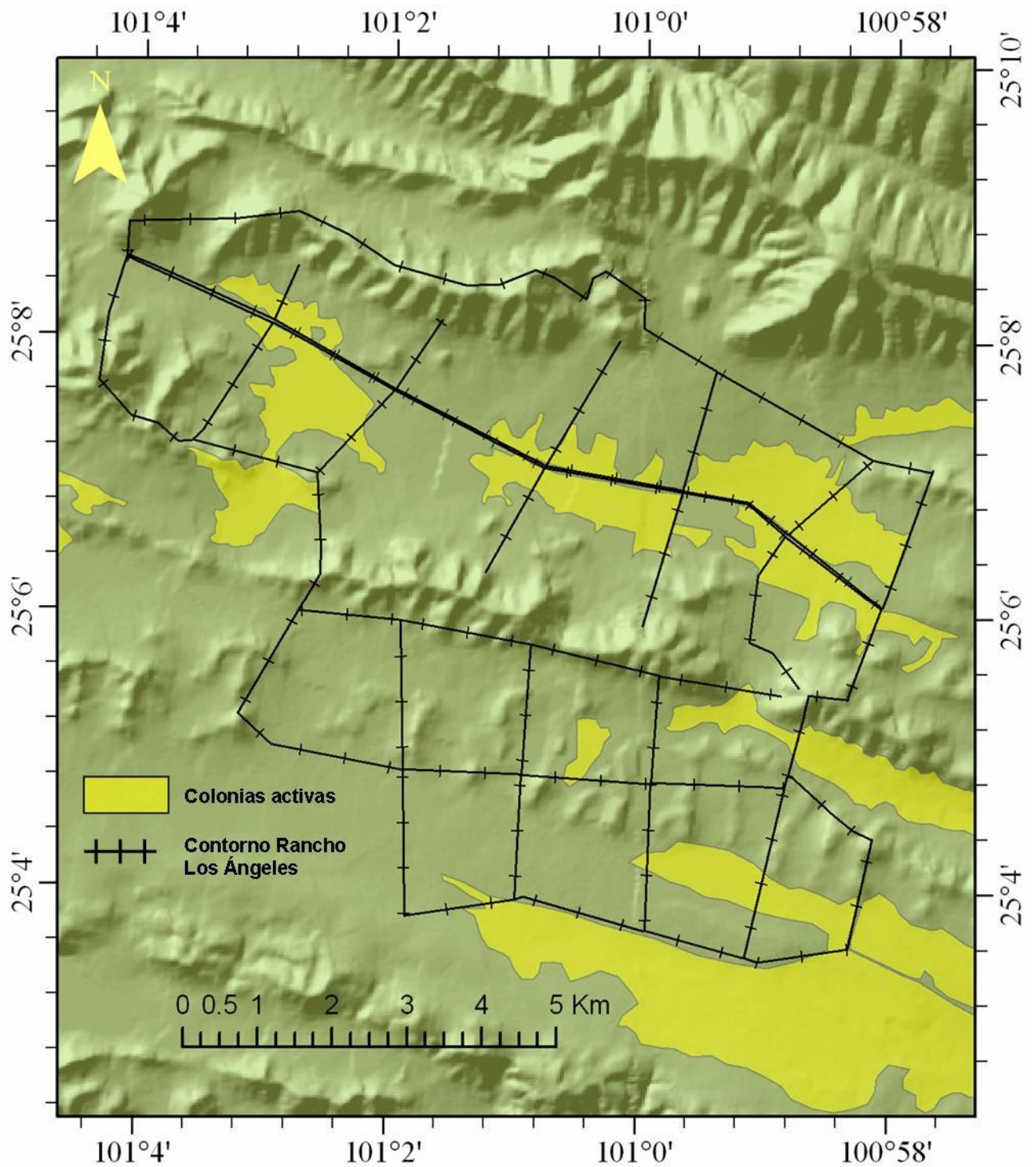


Figura 6.2. Colonias de perrito llanero (color amarillo) en el Rancho "Los Ángeles", Coahuila.

También se actualizó la superficie de la colonia del llano “La Soledad”, N. L., de las aproximadamente 12,000 ha de extensión del llano, el perrito ocupa solo el 60%, siendo evidentes áreas con espaciamentos entre colonias activas de más de 1.5 km (Figura 6.3).

### Muestreo de la densidad del perrito

Los muestreos de densidad mostraron que las parcelas de 1 ha, son las de menor error de estimación, al tomar en cuenta la media aritmética como estimador, también es posible estimar el total de animales en una colonia con ambos estimadores, se obtuvieron intervalos de confianza estadísticos (Tabla 6.2). Se agregó el conteo máximo, por ser una variable de uso común en los CV (Tabla 6.1). Se muestra una concentración de datos para una colonia del Rancho Los Ángeles (Figura 6.4), en donde se hizo telemetría y se obtuvieron los estimadores de la Tabla 2.

Tabla 6.1. Muestreo de la densidad del perrito llanero en el “Rancho Los Ángeles”, Coahuila, y Llano “La Soledad”, Nuevo León.

Estimadores	$\hat{D}$ Densidad/ha	$\hat{V}(\hat{D})$ Varianza estimada de la densidad	Máximo	$n$
Rancho Los Angeles	1.5-2.5 NS	1.88	14	22
La Soledad	2.4-4.0 NS	0.3832	10	41

NS= No significativo ( $\alpha= 0.05$ )

Tabla 6.2. Muestreo en una colonia de *C. mexicanus* en el Rancho Los Ángeles, Coahuila.

Estimadores	Parcela 4 ha	Parcela 2 ha	Parcela 1 ha
Densidad $\hat{D}$	10.54	5.27	2.636
Densidad $\cdot \text{ha}^{-1}$	2.63	2.635	-
Máximo	31	19	10
Mínimo	1	0	0
$\hat{V}(\hat{D})$ (raíz cuadrada del valor de la varianza)	6.9594 <b>(2.63)</b>	1.2012 <b>(1.095)</b>	0.1720 <b>(0.4147)</b>
Límite Inferior	5.37	3.12	1.8236
Límite Superior	15.71	7.41	3.4492
Total $\hat{t}$	727.26	1243.72	622.19
$\hat{V}(\hat{t})$ (raíz cuadrada del valor de la varianza)	33133.70 <b>(182.02)</b>	22875.65 <b>(151.24)</b>	146836.93 <b>(383.193)</b>
$n$	11	22	44
$N$	69	138	236



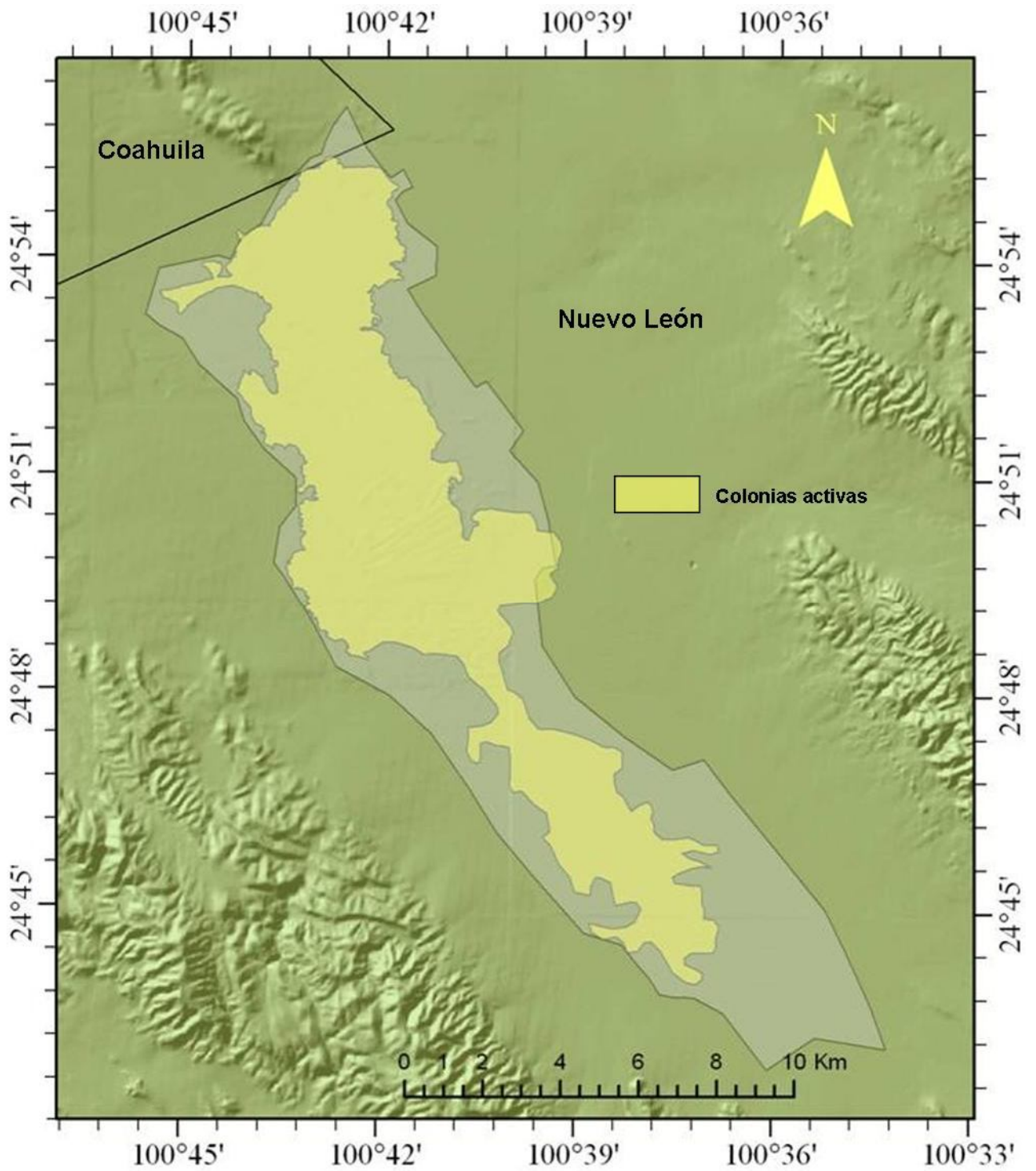


Figura 6.3. Colonia del perrito llanero (color amarillo) en “La Soledad” Nuevo León.

## Discusión

Los resultados mostraron que la variación en la estimación es menor en las parcelas de 1 ha, seguida por las parcelas de 2 ha, y al final las de mayor variación son las macroparcels de 4 ha. Sin embargo, las parcelas de 1 ha, producen mayor trabajo de muestreo en campo si se hacen en forma tradicional con estacas de madera; suben los costos en materiales. El uso de parcelas de 1 ha no es atractivo, al igual que el de 2 ha, no se encontraron referencias que indicaran lo contrario, aunque si queda demostrado que tienen menor variación en los estimadores de muestreo. Por otro lado, las macroparcels de 4 ha, cubren mayor superficie y son de uso común en CV, los datos muestran que son las de mayor variación, reconociendo que la cobertura y representación de las macroparcels en las colonias es mucho mayor que en las parcelas de 1 y 2 ha. La importancia de este trabajo, es que fue posible cuantificar la variación respectiva de las parcelas de muestreo, la cual no se encontró en los trabajos revisados. Dicha variación pudo asociarse a los conteos máximos en cada una de las parcelas usadas, mayor superficie de muestreo, mayor valor en el conteo máximo, que sin embargo, no demuestra estadísticamente su utilidad en campo, la razón es que una estimación promedio tiene la propiedad teórica de generar expresiones estadísticas con la que se calculen los tamaños de muestra e intervalos de confianza (Apéndice 6.2) que den confiabilidad a la estimación de la densidad promedio en una colonia o conjunto de colonias de perrito llanero mexicano, mismo que es posible para un total poblacional. Se encontró en la literatura el uso de los conteos máximos como un buen indicador de la densidad de perrito en las colonias (Menkens et al. 1990; Menkens y Anderson, 1993; Severson y Plumb, 1998), pero no se halló el fundamento teórico que lo respaldara, únicamente la base de la estadística descriptiva de que el valor máximo forma parte de un conjunto cualesquiera de datos que contienen variación; en trabajos de muestreo en el género *Cynomys*, el conteo máximo no tuvo base teórica ni justificación. Por lo anterior, en el Apéndice 6.2, se generó la información para estimar la densidad promedio en colonias de perrito llanero mexicano, fundamentando las expresiones dadas ahí con bases estadísticas (Yamane, 1967; Mendenhall et al. 1986; Scheaffer et al. 1986), los mismo se hizo para los estimadores de la densidad total en colonias de perrito llanero mexicano; encontramos que en la estimación del total debe ponerse atención en la construcción del estimador, ya que las estructuras estadísticas son poco usadas y mal aplicadas (Hansen et al. 1953; Yamane, 1967; Scheaffer et al. 1986; Schreuder et al. 1993).

Dicho lo anterior, en la Tabla 2 se incluyeron los estimadores del promedio de la densidad y del total, con sus varianzas (en negrita, la raíz de este valor) y los valores máximos y mínimos, mismos que solo mostraron el rango de variación de los conteos en las colonias. Los intervalos de confianza se calcularon al 95% y pudimos calcular el nivel de error de muestreo para los tamaños de muestra obtenidos en campo. Las demostraciones de los estimadores mencionados, se presentan en el Apéndice 6.2.

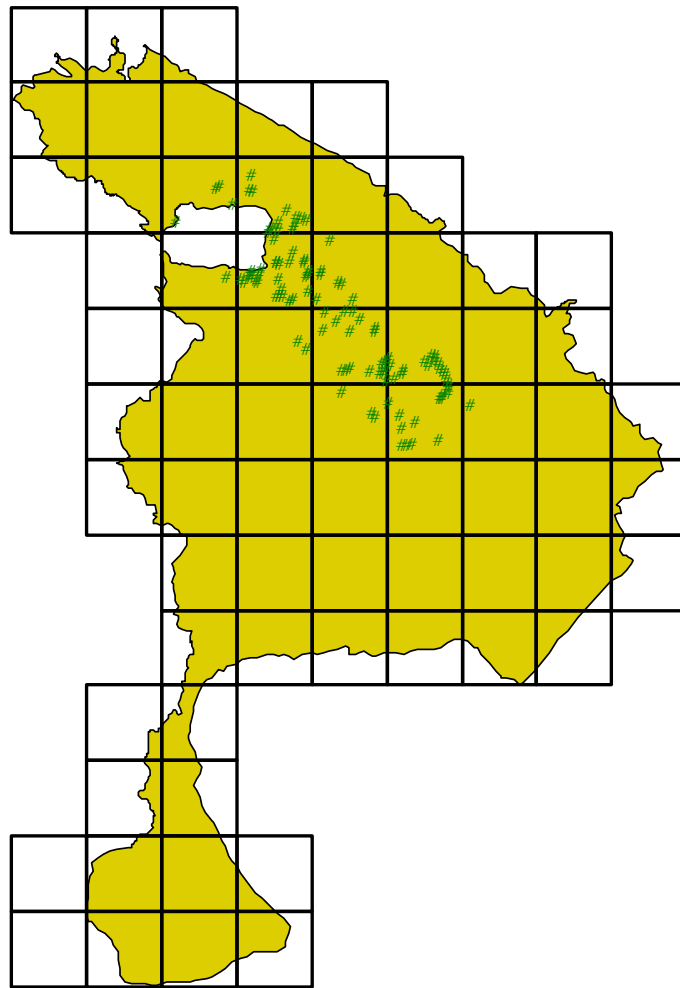


Figura 6.4. Colonia de perrito llanero mexicano mostrando  $N$  parcelas de 4 ha y animales contados (puntos).

## **Conclusiones**

Aplicar conteos visuales a colonias de perrito llanero mexicano usando telemetría, permite conocer la densidad promedio y total estimados, lo más valioso de este estudio es que con la metodología aplicada, encontramos las consecuencias numéricas de usar parcelas de tamaños distintos, o más aún ahora sabemos cual es el error de usar macroparcelas y también de que un conteo máximo no tiene calidad estadística como un promedio de la densidad. Aplicar conteos visuales con telemetría también permitió evaluar los intervalos de confianza y saber teóricamente como obtener tamaños de muestra de macroparcelas para cualquier colonia de perrito llanero.

## **Recomendaciones**

Existe un protocolo de ocho puntos dado por Severson y Plumb (1998), en el cual se dan más bien recomendaciones que una guía para evaluar mejor la densidad en *C. ludovicianus*, en nuestra experiencia pudimos observar algunos factores que pueden mejorar la estimación de la densidad en colonias de *C. mexicanus*, ellos están basados en la estación del año, temperatura ambiente, velocidad del viento, estrés termal y ritmo circadiano, además se dan objetivos que pueden cumplirse, según experiencias locales en colonias del Altiplano Mexicano, mismas que están sujetas a las variaciones de clima local y comportamiento reproductivo del taxón.

1) Considerar la estación dados los objetivos de muestreo; el mes de septiembre es de lluvias, los conteos de animales son los más altos, misma observación fue hecha por Rioja (2003) y en consecuencia habrá sesgo en la estimación de la densidad. El tránsito por las colonias es difícil y aumenta la presencia de reptiles, lo cual hace peligroso el muestreo. En ocasiones, las condiciones de humedad se alargan hasta el mes de octubre. Cuando el objetivo es el muestreo de la densidad de una colonia y no hay que discriminar edades y sexos, los conteos visuales son adecuados bajo la metodología aquí probada, a finales de octubre y todo el mes de noviembre, así como la primera mitad de diciembre son adecuados. Sin embargo, el cambio de condiciones hacia la estación de invierno se hace presente en algunos conteos del mes de noviembre y diciembre, como lo es, temperaturas bajas por la mañana y aumento hasta el mediodía, lo cual beneficia en el término del muestreo hacia las 11:30 am, notamos que los conteos después de mediodía son sesgados y no hay actividad de los animales como en las



mañanas, es recomendable iniciar a las 8:00 am, no importando cielo nublado o temperaturas menores a 5 °C, las condiciones mejoran y los conteos no son sesgados. A finales de noviembre y principios de diciembre, se presentan vientos helados, los cuales persisten hasta antes de mediodía; vientos de 0.7 m·s<sup>-1</sup> a 1.3 m·s<sup>-1</sup> ocasionan que los animales disminuyan su actividad, representando un sesgo en los conteos. Transitar por las colonias a baja velocidad impide que los animales emitan alertas, la misma persona en muestreos continuos no representa peligro para los animales, aunque es bueno esperar cinco minutos en la estación o punto de muestreo antes de iniciar los conteos, aquí se coincide con Severson y Plumb (1998) incluso en el uso del mismo equipo y entrenamiento previo del personal.

2) Continuando con la estación de conteo, el muestreo en los meses de diciembre y enero estará influenciado por la temperatura y viento, los suelos en las colonias de Coahuila presentan una capa de hielo que pasa a ser agua en el transcurso del día; se recomienda iniciar a las 8:00 am, aunque los conteos en algunas ocasiones inician veinte y hasta cuarenta minutos después. Los vientos son más helados en estos meses y el inicio de la hora de muestreo llega a alargar los conteos hasta después de mediodía. El mayor número de animales contados en las colonias del Altiplano Mexicano se da en esta estación. El muestreo de invierno es el más cansado y el que requiere de mayor energía. Registramos en colonias de Nuevo León temperaturas de -10 °C al inicio del conteo, mismo que se posterga hasta cuarenta minutos por los vientos helados, al finalizar se registraron 27 °C, la variación de temperatura fue de 37 °C.

Las tardes no son adecuadas para el conteo, aunque las condiciones son estables después de las 2:00 pm, la información es sesgada y contrasta el volumen de información del día con la de la tarde. La estimación de la densidad de invierno, informa de la población potencial reproductiva, es posible observar cortejos y con binoculares bolsas escrotales hinchadas en los machos.

3) El muestreo de los meses de enero y febrero estará influenciado por las temperaturas y vientos, aunque las condiciones no son crudas como en los meses anteriores, hay contrastes en la segunda mitad de enero, que se alarga a febrero; en la segunda semana de febrero pudimos tener días de muestreo con temperatura agradable (mayor a los 14 °C) en las colonias de

Nuevo León. El beneficio de estos meses es que también se puede conocer en forma tardía la población potencial reproductiva, notamos que los conteos son sesgados por las condiciones del ambiente.

4) Los conteos de marzo y abril coinciden con la emergencia de las primeras crías (Treviño-Villarreal, 1990), pueden seguir las condiciones de invierno y la velocidad del viento aumenta así como la temperatura, los cambios de densidad son momentáneos y a la distancia la actividad de perrito llanero puede evaluarse sin problema. La buena identificación de la salida de crías podrá informar de la densidad de esta edad, aunque Treviño-Villarreal (1990) y Rioja (2003) estudiaron colonias de Coahuila y Nuevo León, es recomendable esperar cuando menos una semana posterior a la primera emergencia y así evitar el sesgo del conteo. Es posible ver crías más pequeñas a finales de abril y principios de mayo, las camadas están juntas en las entradas de las madrigueras y es visible con binocular notar la diferencia en tamaño y peso de las crías tardías con respecto a las tempranas. Si el objetivo es el conteo del número de crías, estas semanas son adecuadas para hacerlo, las estimaciones serán menos sesgadas si los conteos son posteriores a las 10:00 am cuando la temperatura se incrementa, incluso adultos y juveniles se observan poco en el paisaje; esperar a que ladren las crías al observador es lo más recomendable, puesto que el brillo del suelo y las condiciones desnudas de las entradas de las madrigueras impiden el encuentro de las crías, la ubicación será eficiente por la emisión de alarmas. Por telemetría, se puede estimar la ubicación geográfica de las crías, notamos en 2009 y 2010 cambios espaciales en las camadas, mismos que pueden mapearse y continuarse en las colonias puesto que representa la continuidad de la población reproductiva.

5) El muestreo de mayo a julio coincide con la emergencia de crías y aumento de temperaturas, aunque en ocasiones tuvimos fríos tardíos y los sesgos en la densidad se notaron; la población aumenta en estos meses, viene el fenómeno de la dispersión intracoloniales e intercolonial, para *C. ludovicianus* Garret y Franklin (1988) indican períodos que son aproximados para *C. mexicanus*, sólo Medrano (2010) estudia la dispersión de los animales en colonias de Nuevo León, el movimiento inicia en abril y se alarga hasta septiembre, siendo agosto el mes con nulo o bajo movimiento de animales. En el mes de julio se registra poco

más de la mitad de la dispersión. Si el objetivo es evaluar la tasa de cambio de la densidad por dispersión en las colonias de *C. mexicanus*, estos meses son adecuados. Las crías aumentan de peso y es posible hacer conteos de la densidad de ellas junto con la población remanente que no inicio los cambios espaciales de dispersión. Como agosto es un mes de poco movimiento de los animales, es adecuado para evaluar densidad de animales en colonias que posiblemente ya estan estables en números, las condiciones de temperatura son agradables y los conteos se pueden inicira a las 8:00 am, generalmente se terminan a las 10:30 u 11:00 am. No se recomienda el muestreo de la densidad en verano después de mediodía, en todas las colonias del Altiplano Mexicano las temperaturas son muy altas, en San Luis Potosí registramos hasta 47 °C, sólo es posible ver los perritos de 8:00 a 10:00 am, estas colonias exhiben las densidades más bajas y por desplazamientos de una colonia a otra del personal se perdió el tiempo para hacer conteos de la densidad representativos. El verano tiene como variable de sesgo de la densidad el estrés termal, *C. mexicanus* esta adaptado a esta condición, misma que ha sido identificada en *C. ludovicianus* (Pruett, 2004) en todo el año el ritmo circadiano es visible por el comportamiento de los animales, la duración de luz de día determina el tiempo de actividad de los animales en la superficie, la información tomada en campo y la adquirida en la literatura, nos apoyan en recomendar que objetivo de muestreo puede cumplirse según la estación del año, la temperatura es determinante en el ambiente, y las tardes tienen un efecto de sesgo mayor en las densidades de *C. mexicanus* debidas a su ritmo circadiano, los conteos vespertinos no son recomendados debido a estos efectos de comportamiento.

6) A diferencia de Severson y Plumb (1998) no se usaron aditamentos para hacer conteos en puntos altos, salvo los binoculares que aumentaron la distancia de conteo. Todos los conteos para evaluar la densidad promedio en colonias de *C. mexicanus* fueron hechos por el autor, se usó el mismo binocular, range finder y brújula, estos dos últimos son opcionales. En ocasiones se tuvo ayuda, la cual solo fue en las anotaciones de registros, nunca se aceptó que otra persona evaluara distancias e hiciera conteos, con esto se evitó generar fuentes de variación. Se recomienda usar el mismo equipo por la misma persona, hasta tres conteos consecutivos (3 días) son recomendables en la misma colonia, mismos que se estabilizan en la evaluación de la variable densidad y no permiten cubrir más colonias. Un conteo (1 día) seguido de otro con condiciones ambientales similares dan aproximadamente la misma información. Se encontró

que el conteo máximo solo es un valor descriptivo de la densidad en un día de muestreo, la época de muestreo cambia este número, por ejemplo septiembre con las lluvias, por tanto se recomienda usar la media muestral como representativa de la variable densidad, las demostraciones son dadas en el Apéndice 6.2.

## Literatura citada

Ayres, F. 1974. Trigonometria. Serie Schaum. Mcgraw-Hill Interamericana. 248 pp.

Azorín, P. F. 1972. Curso de muestreo y aplicaciones. Edit. Aguilar. España. 375 pp.

Bautista, Z. F., H. G. González, J. L. Palacio y M. C. Delgado. 2004. Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. Dirección General de Estudios de Posgrado, UNAM. 507 pp.

Begall, S., H. Burda, y C. E. Schleich (Eds.). 2007. Subterranean rodents. Newfrom underground. Springer. 320 pp.

Benítez, Martínez J. V. 2006. Comportamiento e influencia del perrito de llanero (*Cynomys mexicanus* Merriam) en el pastizal mediano abierto. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 73 pp.

Biggins, E. D., J. G. Sidle, D. B. Seery y A. E. Ernst. 2006. Estimating the abundance of prairie dogs. Hoogland L. J. (Editor). In: Conservation of the black-tailed prairie dog saving north America's western grasslands. Island Press. USA. 350 pp.

Ceballos, G. y D. E. Wilson. 1985. *Cynomys mexicanus*. Mammalian Species. 248:1-3.

Ceballos, G., E. Mellink y L. Hanebury. 1993. Distribution and conservation status of prairie dogs *Cynomys mexicanus* and *Cynomys ludovicianus* in Mexico. Biological Conservation. 63: 105-112.

CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora). 2000. Listado vigente de las especies incluidas en los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, Geneve, Suiza. 684 pp.

Cochran, G. W. 1993. Técnicas de muestreo. CECSA. 10a. reimp. México. 513 pp.

Diario Oficial de la Federación (DOF). 2010. 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. Secretaría de Gobernación. México.

Frías Hernández, J. A. 1987. Consistencia y similitud de las dietas de bovino y perrito de las praderas mexicano (*Cynomys mexicanus* Merriam) en un pastizal mediano abierto. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 116 pp.

Garret, G. M. y L. W. Franklin. 1988. Behavioral ecology of dispersal in the black-tailed prairie dog. *Journal of Mammalogy*. 64(2): 236-256.

González-Saldivar, F. N. 1990. Der Präriehund (*Cynomys mexicanus* Merriam, 1892) im nordosten Mexikos. Entwicklung eines Modelles zur Beurteilung seines Lebensraumes. Ph.D. Dissertation, Ludwig-Maximilian-Universität, München, Deutschland. 45 pp.

González Domínguez, J. L. 2004. Colonización espacio-temporal de perrito llanero (*Cynomys mexicanus*) en relación al paisaje en el rancho los Ángeles. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 53 pp.

Green, R. 1979. Sampling design and statistical methods for environmental biologist. Wiley. 257 pp.

Hansen, M. H., W. N. Hurwitz y W. G. Madow. 1953. Sample survey method and theory. Wiley. Vol. I. 638 pp.

Hansen, M. H., W. N. Hurwitz y W. G. Madow. 1953. Sample survey method and theory. Wiley. Vol. II. 332 pp.

Hoogland, L. J. 2006. Social behavior of prairie dogs. In: Conservation of the Black-tailed Praired Dog Saving North America's Western Grasslands. Hoogland L. J. (Editor). Island Press. pp: 7-26.

Jessen, R. 1978. Statistical survey techniques. Wiley. USA. 520 pp.

Kindle, J. 2007. Geometría analítica. Serie Schaum. Mcgraw-Hill Interamericana. 150 pp.

Knowles, J. C. 1986. Population recovery of black-tailed prairie dogs following control with zinc phosphide. Journal of Range Management. 39(3): 249-251.

Levy, P. S. y S. Lemeshow. 1991. Sampling of populations: methods and applications. Wiley. USA. 420 pp.

Magle, B. S., B. T. McClintock, D. W. Tripp, G. C. White, M. F. Antolin y K. R. Crooks. 2007. Mark-resight methodology for estimating population densities for prairie dogs. Journal of Wildlife Management. 71(6): 2067-2073.

Medina, Torres G. 1972. Contribución al estudio y control del perrito de las praderas mexicano (*Cynomys mexicanus* Merriam), en el rancho demostrativo "Los Ángeles", propiedad de la escuela superior de agricultura "Antonio Narro", de la Universidad de Coahuila. Universidad de Coahuila, Escuela Superior de Agricultura Antonio Narro. Tesis de Licenciatura. México. 109 pp.

Medina, Torres G. y J. de la Cruz C. 1976. Ecología y control del perrito de las praderas mexicano (*Cynomys mexicanus* Merriam), en el norte de México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. pp: 365-418.

Medrano, Padilla M. 2010. Efecto de la fragmentación del hábitat sobre el perrito llanero *Cynomys mexicanus* en Galeana, Nuevo León, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma de Nuevo León. México. 88 pp.

Mendenhall, W., R. L. Scheaffer y D. D. Wackerly. 1986. Estadística matemática con aplicaciones. Tercera edición. Grupo Editorial Iberoamérica. 751 pp.

Menkens, G. E., D. E. Biggins y S. H. Anderson. 1990. Visual counts as an index of white-tailed prairie dog density. *Wildlife Society Bulletin*. 83:290–296.

Menkens, G. E. y S. H. Anderson. 1993. Mark-Recapture and visual counts for estimating population size of white-tailed prairie dogs. En: *Proceedings of the symposium on the management of prairie dog complexes for the reintroduction of the black-footed ferret*. John L. Oldemeyer, et al. (Eds). U. S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service. Biological Report 13. pp: 67-72.

Navarro, A. G. 2003. Determinación de la dieta estacional del perrito llanero (*Cynomys mexicanus* MERRIAM) en el Altiplano Mexicano. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. 79 pp.

Pruett, L. A. 2004. Black-tailed prairie dog association with Playa Lakes in the southern high plains and a new approach to estimating colony population sizes. MSc Thesis. Texas Tech University. 73 pp.

Reyna, G. L. 2007. Caracterización de suelos de colonias del perrito llanero (*Cynomys mexicanus* MERRIAM) en Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. 48 pp.

Rioja Paradela, T. M. 2003. Comportamiento reproductivo del perrito llanero (*Cynomys mexicanus* MERRIAM) en el Altiplano Mexicano. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma de Nuevo León. México. 91 pp.

Sampford, M. R. 1962. An introduction to sampling theory, with applications to agriculture. Oliver and Bond. Edinburgo. 292 pp.



Sánchez, O., R. Medellín, A. Aldama, B. Goettsch, J. Soberón y M. Tambutti. 2007. Método de evaluación del riesgo de extinción de las especies silvestres en México (MER). SEMARNAT. 173 pp.

Seber, G. A. F. 1986. A review of estimating animal abundance. *Biometrics*. 42: 267-292.

Scott-Morales, L., E. Estrada, F. Chavez-Ramírez, y M. Cotera. 2004. Continued decline in geographic distributions of the Mexican prairie dog (*Cynomys mexicanus*). *Journal of Mammalogy*. 85(6):1095-1101.

Severson E. K. y G. E. Plumb. 1998. Comparison of methods to estimate population densities of black-tailed prairie dogs. *Wildlife Society Bulletin*. 26(4): 859-866.

Scheaffer, L. R., W. Mendenhall y R. L. Ott. 1986. Elementos de muestreo. Grupo Editorial Iberoamérica. México. 321 pp.

Schreuder, H. T., T. G. Gregoire y G. B. Wood. 1993. Sampling methods for multiresource forest inventory. Wiley. USA. 446 pp.

Sudman, S. 1976. Applied sampling. Academic Press. USA. 248 pp.

Sukhatme, P. V. y B. V. Sukhatme. 1970. Sampling theory of surveys with applications. Second edition. Iowa State University Press. USA. 452 pp.

Thompson, S. K. y G. A. F. Seber. 1996. Adaptive sampling. Wiley. USA. 265 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. 139:1-27.

Treviño-Villarreal, J. y W. Grant. 1998. Geographic range of the endangered Mexican prairie dog (*Cynomys mexicanus*). *Journal of Mammalogy*. 79(4):1273-1287.

Villarreal H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina y A. M. Umaña. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Segunda edición. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Colombia. 236 pp.

Yamane, T. 1967. Elementary sampling theory. Prentice Hall. 405 pp.

Yates, F. 1960. Sampling methods for censuses and surveys. Tercera edición. Hafner Publishing Company. USA. 440 pp.

## Apéndice 6.1

Fundamento para obtener la ubicación de *Cynomys mexicanus* por telemetría.

El perrito llanero es un individuo diurno que pastorea en grupos y se encuentra alrededor de las madrigueras u hoyos activos en una colonia; los animales son sensibles a la presencia humana, al detectar peligro emite alarmas sonoras, con la consecutiva huida a cubierta y la pérdida de información por conteos. Si se usa muestreo a distancia (md), es posible determinar la distancia horizontal (Kindle, 2007) a la que se encuentran un conjunto de animales y por triangulación obtener la posición geográfica de ellos en la colonia. A esta acción también se le conoce como telemetría. La trigonometría (Ayres, 1974) proporciona la manera de calcular dichas coordenadas geográficas de los animales (Figura 6.5), es necesario estar en un punto fijo y tener la posición en UTM, dicha posición es la del observador; también debe obtenerse la distancia horizontal y el ángulo de encuentro del observador al individuo, el cual se calcula mediante el rumbo del transecto y el rumbo del individuo observado y la diferencia entre ambos, genera el ángulo necesario para la triangulación de unas de las incógnitas de la Figura 5. En cada observación se formará un triángulo rectángulo a la izquierda o derecha de la línea de desplazamiento con ángulo  $\theta$ , geoméricamente es necesario calcular el cateto opuesto (CO) y adyacente (CA) al ángulo  $\theta$  del triángulo rectángulo. Las funciones trigonométricas inmiscuidas son el seno  $\theta$  y cos  $\theta$ , las ecuaciones a resolver son (Ayres, 1974),

$$CO = \text{dist horiz} * \text{seno } \theta$$

$$CA = \text{dist horiz} * \text{coseno } \theta$$

la distancia horizontal es un dato que se obtiene con un distanciómetro (range finder) y si se observa la Figura 6.5, el observador esta en la coordenada (0, 0), por lo tanto la ubicación del animal es:

$$X = 0 + CA$$

$$Y = 0 + CO$$

una vez que se tenga la ubicación con GPS podrá sustituirse la posición del observador por una referencia real en la colonia estudiada. En la triangulación se obtendrán tantas distancias y

ángulos como animales se encuentren, por lo que será útil capturar la información en una hoja de cálculo del programa Excel en la que se tenga como entrada la coordenada geográfica del observador, ángulo y distancia horizontal de cada uno de los animales, para tener como resultado las coordenadas geográficas de los animales avistados. Al usar software como ArcView ver. 3.2 pueden proyectarse los puntos (Figura 6.4) y alimentar el programa con información adicional como, colonia estudiada, unidades de muestreo o parcelas y hasta variación en tamaño de las unidades de muestreo. Dada la utilidad de este muestreo, es posible cruzar una colonia con desplazamientos de 1,000 m y en esta línea hacer estaciones de 150 o 200 m, dependerán del avistamiento máximo de la estación anterior. Si la línea de desplazamiento tiene una cobertura representativa de las colonias, las unidades de muestreo también representarán adecuadamente la densidad promedio de *C. mexicanus*. El mayor volumen de avistamientos dará mayor confiabilidad a los estimadores de la densidad del taxón.

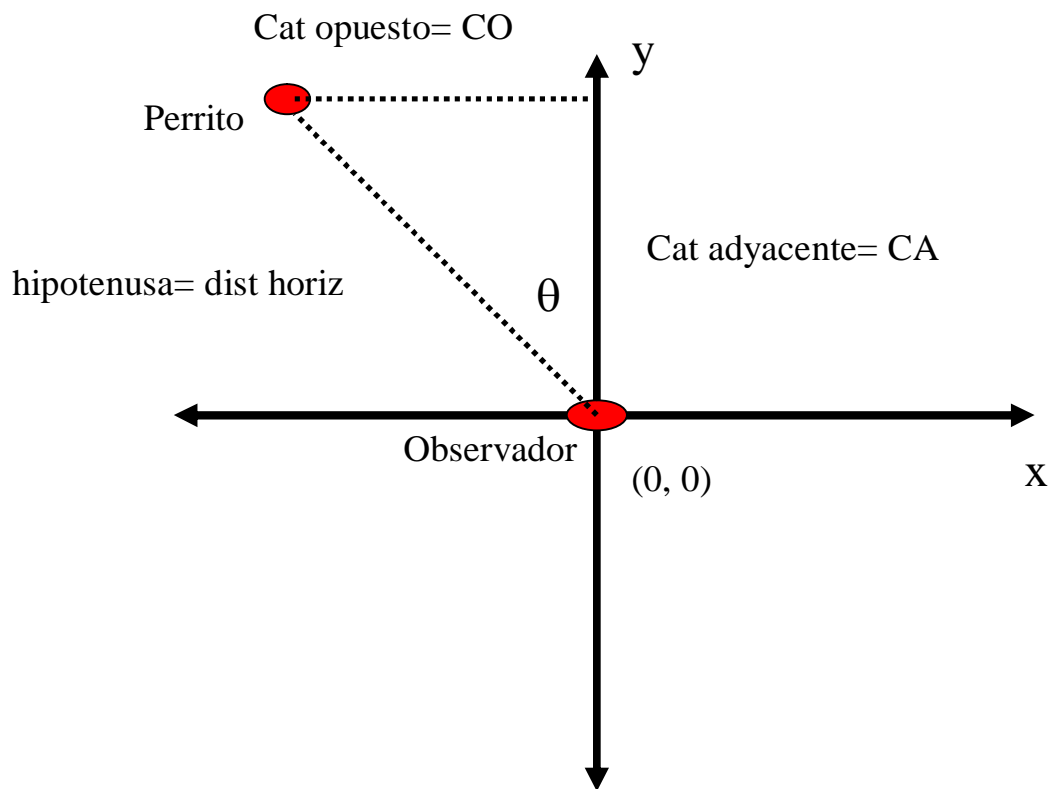


Figura 6.5. Triangulación para ubicar a *Cynomys mexicanus* por telemetría.

## Apéndice 6.2

### *Estimadores de la densidad promedio en colonias de perrito llanero mexicano*

En la estimación de la densidad de perrito llanero en sus colonias, no se ha tenido un protocolo que proporcione confiabilidad a la estimación de esta variable. A pesar de esto, se ha declarado en varios estudios, que un conteo máximo en una parcela de área conocida, puede ser un indicador adecuado de la densidad en las colonias de este animal (Menkens et al. 1990; Menkens et al. 1993; Biggins et al. 2006). Actualmente, se desconocen las propiedades estadísticas del estimador por conteos máximos, así como su demostración teórica (Ver Capítulo V).

Se sabe, que cuando se utiliza la media muestral como estimador de una variable en estudio, los estimadores de la media y varianza muestral, generan intervalos de confianza para la inferencia hacia una colonia completa (Azorín, 1972; Green, 1979; Mendenhall et al. 1986; Seber, 1986; Thompson y Seber 1996) como en el caso de perrito mexicano.

Debido a la naturaleza de la estimación de la densidad en una colonia de perrito llanero, se debe suponer que una muestra aleatoria de la variable en cuestión, por decir  $x_i$  se distribuye en forma independiente e idéntica con media poblacional  $\mu$  y varianza  $\sigma^2$ , si se toma una muestra lo suficientemente grande, esta convergerá a una función de distribución normal estándar, lo anterior es conocido como el Teorema del límite central (Mendenhall et al. 1986; Cochran, 1993) el cual puede ser aplicado a la estimación de la variable densidad en colonias de perrito llanero.

En teoría, se sabe que los parámetros  $\mu$  y  $\sigma^2$ , tienen la siguiente estructura,

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i = \frac{1}{N} (x_1 + x_2 + \dots + x_N) = D \quad (1)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \left( \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2 \right) \quad (2)$$

donde  $N$ , es el número de unidades de muestreo en una colonia, y tomará un valor distinto según el tamaño de las parcelas consideradas en esa área, se sabe que en muchos casos han sido cuadradas y de 4 ha (Menkens et al. 1990; Menkens et al. 1993) y la teoría de muestreo proporciona distintos ejemplos para la estimación con este tipo de unidades de muestreo (Sampford, 1972; Green, 1979; Sheaffer et al. 1986; Bautista et al. 2004).

La variable aleatoria  $x_i$  que se obtiene por muestreo al azar de una colonia, tendrá como estimadores de la media y varianza poblacionales a  $\bar{x}$  y  $s_D^2$  respectivamente.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1}{n} (x_1 + x_2 + \dots + x_n) = \hat{D} \quad (3)$$

y la varianza:

$$s_D^2 = \frac{1}{n-1} \left( \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right) \quad (4)$$

donde:  $x_i$ = conteo en la parcela  $i$ -ésima parcela,  $n$ = número de unidades de muestreo de tamaño conocido (tamaño de muestra),  $\bar{x} = \hat{D}$ = media muestral o densidad promedio,  $s_D^2$  = varianza muestral de la media o varianza muestral de la densidad.

La variable densidad en una colonia se refiere al número promedio de animales en una unidad de superficie, por comodidad y referencia se usa una unidad de muestreo, de tamaño y forma conocida. En estudios en perrito llanero, se han usado macroparcels de 4 ha (Menkens et al. 1990; Menkens et al. 1993; Scott et al. 2004); cuando se tienen varias macroparcels distribuidas “al azar” en una colonia (cuidando que la ubicación de estas se haya hecho sin reemplazo) en donde se hacen conteos repetidos y se tienen  $n$  valores de  $x_i$ , entonces es posible conocer el valor estimado de la densidad (estimador de la población  $\hat{\theta}$ ). Con esta teoría, puede saberse si el tamaño de  $n$  fue mínimo, para poder ser usado en la estimación para inferir el valor de la densidad en la colonia (Azorín, 1972; Sheaffer et al. 1986; Cochran, 1993).

Debe tomarse en cuenta que al suponer de que los datos se distribuyen al azar, la varianza tiene una estandarización, debida al Teorema del límite central (Yamane, 1967; Mendenhall et al. 1986; Cochran, 1993), siendo este un fundamento de importancia para poder generar los estimadores necesarios en un esquema de muestreo simple al azar. Por tal razón, se ha dicho que el muestreo se hace sin reemplazo o en términos prácticos, una parcela de muestreo no pudo ser elegida dos veces para ser ubicada en el mismo lugar, lo contrario sería un muestreo con reemplazo.

Este efecto del Teorema del límite central repercute en la varianza muestral, que se expresa como:

$$\hat{V}(\hat{D}) = \frac{s^2}{n} \left( \frac{N-n}{N} \right) \quad (5)$$

Tomar en cuenta que en (5), se usa la expresión de (4), para hallar el valor de  $s^2$ , y por eso ahora recibe el nombre de varianza estimada de la densidad, dicho estimador tiene al final el efecto del factor de corrección para poblaciones finitas (Hansen et al. 1953; Yates, 1960; Yamane, 1967; Jessen, 1978), el cual se incluye por ser un muestreo sin reemplazo en macroparcels de muestreo en colonias de *C. mexicanus*.

El muestreo estadístico indica que el error aleatorio permitido, dará una confiabilidad (deseable al 95%) en la varianza estimada. Distintos autores, se refieren a esto como el límite para el error de estimación, precisión o error (Sukhatme y Sukhatme, 1970; Sheaffer et al. 1986; Levy et al. 1991). Así tomando (5), puede estimarse el error con (6),

$$\begin{aligned} E &= K_{\alpha/2} \sqrt{\hat{V}(\hat{D})} \\ &= 1.96 \sqrt{\frac{s^2}{n} \left( \frac{N-n}{N} \right)} \end{aligned} \quad (6)$$

Tomando la aproximación a la distribución normal y siguiendo la recomendación de tener más de 30 observaciones, entonces (6), es el estimador del error.

Con (6), es posible obtener el estimador del tamaño de muestra, que esta dado por

$$n = \frac{N(1.96)^2 s^2}{NE^2 + (1.96)^2 s^2} \quad (7)$$

Sin embargo, esta expresión también será válida cuando se usan menos de 30 observaciones, el cambio se hace en la sustitución del valor de 1.96, por el indicado en las tablas estadísticas específicas, y para cuando se desee un cambio en la confiabilidad (la tabla de *t* student da estos valores).

Lo anterior da la posibilidad de estimar un intervalo de confianza al 95%, usando

$$\hat{D} - E \leq D \leq \hat{D} + E \quad (8)$$

Con (8), se efectua la estimación por intervalos de la densidad y además puede probarse con (7) si el tamaño de muestra fue mínimo en este esquema de muestreo.

### ***Estimadores de la densidad total en colonias de perrito llanero mexicano***

La densidad promedio en una colonia de perrito llanero mexicano, da la posibilidad de calcular el total de animales en ella. La expresión en (9) indica como hacerlo.

Total poblacional estimado

$$\hat{\tau} = N\hat{D} \quad (9)$$

donde: N= número total de parcelas de muestreo de área conocida que caben en una colonia,  
 $\hat{D}$  = estimador de la densidad promedio.

De la misma forma que en la densidad promedio, pueden inferirse los estimadores de la varianza para el total. Usando las propiedades respectivas de esperanza matemática, se obtiene la expresión en (10), misma que es conocida como, varianza estimada del total poblacional en colonias de perrito llanero.



$$\hat{V}(N\hat{D}) = N^2\hat{V}(\hat{D}) = N^2\left(\frac{s^2}{n}\left(\frac{N-n}{N}\right)\right) \quad (10)$$

Tome en cuenta, que el muestreo en las unidades de muestreo, se hace al azar y sin reemplazo. De ahí, la validez de (10).

Para calcular los intervalos de confianza del total estimado, se usa (11), dicha expresión se conoce como límite para el error de estimación, precisión o error.

$$E_{\hat{\tau}} = 1.96 * N \sqrt{\hat{V}(\hat{D})} = 1.96 * N \sqrt{\frac{s^2}{n}\left(\frac{N-n}{N}\right)} \quad (11)$$

De (11), se deriva el tamaño mínimo de muestra (12), en este caso se propone que sea al 95% de confiabilidad y suponiendo más de 30 observaciones en el muestreo (Yamane, 1967; Sheaffer et al. 1986)

$$n = \frac{N^2(1.96)^2 s^2}{E^2 + N(1.96)^2 s^2} \quad (12)$$

Es necesario tomar en cuenta que al elegir una muestra de tamaño menor a 30, el valor de confiabilidad cambiará, para ello se deberá consultar las tablas respectivas.

El intervalos de confianza para el número total estimado de perritos en una colonia será (13)

$$\hat{\tau} - E_{\hat{\tau}} \leq \tau \leq \hat{\tau} + E_{\hat{\tau}} \quad (13)$$

Es importante mencionar, que en los trabajos revisados en perrito llanero mexicano y perrito cola negra, no se reportó la confiabilidad del muestreo ni los intervalos de confianza de la densidad promedio o total estimado. En la literatura revisada se estimó la densidad por conteos máximos (ver capítulo V), esta no tuvo justificación teórica que respaldara el método, solo la tradición y las citas del trabajo en cuestión. Dentro de la teoría de la estimación, se sabe que el

valor máximo es un estimador descriptivo, que esta a la par que un valor mínimo (Sudman, 1976; Mendenhall et al. 1986; Levy y Lemeshow, 1991; Villarreal et al. 2006), sin embargo, para el caso específico de perrito llanero mexicano, no existe fundamento alguno de que el estimador por conteos máximos, sea eficiente. Por otro lado, la inferencia estadística, respalda las propiedades estadísticas de una media muestral, en este caso densidad promedio (Hansen et al. 1953; Yates, 1960; Yamane, 1967; Sukhatme y Sukhatme, 1970; Jessen, 1978). La ventaja de usar a la densidad promedio como un estimador en este trabajo, es la posibilidad de obtener el tamaño de muestra mínimo y calcular los intervalos de confianza, usar un conteo máximo, no lo permite.

## Capítulo VII. Conclusiones generales

Los modelos por máxima entropía ajustan mejor el nicho ecológico de *C. mexicanus* con pocos registros de colecta, se encontró que las variables de clima con menor contribución son las de temperatura, siendo las de precipitación las de mayor contribución al modelo. Se sabe que, especies semifosoriales como perrito llanero mexicano, se han aclimatado y adaptado al hábitat donde se les encuentra y es la temperatura, la variable que han podido superar con la construcción de madrigueras; ésta es la explicación que encontramos para que el modelo de nicho ecológico no tenga contribución estadística en esta variable. Al sobreponer el rango geográfico ocupado por *C. mexicanus* en los mejores modelos evaluados, notamos tres escenarios posibles para el taxón, cada uno de ellos da explicación a la permanencia de las colonias en cada Estado.

Se encontró que el rango geográfico histórico cambió y disminuyó, al considerar modelos de nicho ecológico, notando que la distribución potencial dada por las  $n$ -dimensiones de un modelo Hutchinsoniano, explica parcialmente la extinción de colonias y la expansión del rango geográfico, inclusive el retorno del taxón a su rango conocido.

Fue posible evaluar el riesgo de extinción con el MER en *C. mexicanus*, el documento no existía y una vez elaborado se identificaron los riesgos potenciales y reales que tiene el taxón en su hábitat, la distribución histórica era más amplia, ahora se sabe que es una especie microendémica que está restringida a tres Estados, Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí con un total de 284.2 km<sup>2</sup> ocupados por las colonias activas. Las actividades humanas como el pastoreo y la agricultura (cultivo de *Solanum tuberosum*) son causas de la fragmentación en un hábitat altamente impactado y hostil para el taxón, el Estado de Nuevo León es el más afectado por el cultivo de la papa, aunque hay acciones como la creación de ANP que frenan en cierto grado la fragmentación. Estudios en la reproducción de la especie determinan que *C. mexicanus* tiene un comportamiento adecuado y sus camadas continúan la especie, sin embargo, el hábitat es altamente afectado por actividades del hombre y es el que pone en peligro al taxón.

Considerando el método de conteos visuales en colonias de *C. mexicanus*, fue posible evaluar la densidad promedio, al igual que intervalos de confianza y tamaños de muestra al 95% de confiabilidad en parcelas de 4, 2 y 1 ha. Se le dió validez estadística a las estimaciones, se reportaron los estimadores y se hizo una investigación teórica que fundamentara las fórmulas. Una contribución de este trabajo, ha sido, el encontrar que las estimaciones por el conteo máximo no es un indicador de la densidad, más bien es un valor usado durante algunas investigaciones, pero no tiene fundamento estadístico para calcular tamaños de muestra o intervalos de confianza, aunque si es un valor de importancia en un conjunto de datos; por ello se basó en la densidad promedio y sus propiedades estadísticas mostradas en el capítulo respectivo. La experiencia en campo, mostró que el método de conteos visuales puede cumplir con objetivos según la época del año, la telemetría mostró ser una herramienta de importancia en la que se evita ahuyentar a los animales y el beneficio fue minimizar el sesgo en la densidad. Estimaciones en colonias de los Estados de Coahuila y Nuevo León, usando conteos visuales con telemetría, indicaron que la densidad promedio de los animales fue de 2.63 animales·ha<sup>-1</sup>.