

**Potential distribution of the white-tooted woodrat
(*Neotoma leucodon* Merriam 1984) and nest density
in the southern Chihuahuan Desert**

Distribución potencial de la rata magueyera (*Neotoma leucodon* Merriam 1984) y densidad de madrigueras en el sur del desierto chihuahuense

Jesús Manuel Martínez-Calderas¹, Jorge Palacio-Núñez^{1*}, Fernando Clemente-Sánchez¹, Juan Felipe Martínez-Montoya¹, Gerardo Sánchez-Rojas² y Genaro Olmos-Oropeza¹

¹Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí. Iturbide 73, Salinas de Hidalgo, S.L.P. 78621, México. E-mail: biologo99mx@yahoo.com.mx (JMM-C), jpalacio@colpos.mx (JP-N), clamente@colpos.mx (FC-S), fmontoya@colpos.mx (JFM-M), olmosg@colpos.mx (GO-O).

²Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Apartado postal 63, Pachuca, Hidalgo, 42001, México. E-mail: gerardo.sanchezrojas@gmail.com (GS-R).

*Corresponding author

Introduction: The white-tooted woodrat (*Neotoma leucodon*) is keystone in a variety of ecological processes. However, this specific rodent is considered a delicacy in the Southern region of the Chihuahuan Desert, which has resulted in uncontrolled exploitation. To date there are no studies to determine its population status, and it is not protected by the Mexican law. The objective of this study was to model the potential distribution of this species in the Southern Chihuahuan Desert, and to estimate the current population density.

Methods: The study area includes 12 Physiographic Subprovinces (PSP), which cover the Southern portion of the Chihuahuan Desert, located in North-central Mexico. The initial study area has 88,338.4 km², which we divided into a grid of 5 x 5 square km, obtaining 7,692 squares of which 233 were sampled. We draw rectangular quadrants of 10 x 100 m in the centroid of each square, where we collected the following habitat variables: soil type, vegetation type, slope, altitude, and presence of active nests. We obtained the nest density and a potential distribution model using Maxent, which included 25 predictive variables.

Results: We found evidence of the presence of the white-tooted woodrat in 69 sites. We located the species mainly in low terrain slopes with an altitude range of 1,701- 2,100 m. The results also indicate higher abundance in Xerosol soil associated with microphyllous desert scrub. The potential distribution area found was 60,766 km² (68.8 %), in which the distribution probability was low (27.3 %), medium (25.4 %), and high (16.1 %). The average nest density was 545 km². The variables that best explained the model of potential distribution (AUC 0.920 ± 0.017) were: soil type, vegetation type, vegetation cover, slope, aspect, two bioclimatic variables of precipitation, and three bioclimatic variables of temperature.

Discussion and conclusions: The distribution and abundance of small mammal populations often depend on interactions between environmental variables. In our study, the main habitat variables coincided with those found in other studies. The potential distribution was restricted to the Northern and central portions of the study area. Soil type, vegetation type and vegetation cover markedly influenced the potential habitat for the establishment of nests. Wright (1972) mentions that an increment of vegetation cover rises the density of rats, but only when the plants they eat are abundant, which in turn causes an increase in the number of nests. Nest density was low compared to other sites. The status of the population is worrisome; it is necessary to do more assessments on the species distribution and on its use as food source for the local people.

Key words: Maxent; population abundance; semiarid environments; signs, soil type; vegetation type; wild rodents.

Introducción

Las ratas del género *Neotoma* construyen madrigueras muy conspicuas, por lo que son usadas como un índice para determinar su abundancia (e. g. English 1923; Hanson 1957; Wright 1973; Vreeland y Tietje 1999). La importancia de las madrigueras para las ratas es clara; ofrece protección contra los depredadores, contra el clima extremo (Brown *et al.* 1972) y proporciona un lugar para almacenar alimento (Wells y Jorgensen 1964). Las condiciones que las madrigueras de las ratas del género *Neotoma* generan en los ambientes donde se distribuyen, incluye un incremento de materia orgánica y nitrógeno en el suelo en las áreas contiguas a las madrigueras, proporciona refugio a otras especies lo que hace que se considere a las poblaciones del género *Neotoma* spp., como especies clave en los ambientes que habitan (Whitford y Steinberger 2010).

Además de su importancia ecológica, la rata magueyera (*Neotoma leucodon*) es considerada un manjar en el sur del desierto chihuahuense, siendo un aporte importante de proteína para los habitantes locales (Rangel-Silva 1986) y una fuente de ingreso (Mellink *et al.* 1986) para comerciantes locales. Esto ha ocasionado la explotación excesiva de la especie, lo que ha mermado su población; en cierto momento, los pobladores locales la creyeron extinta, sin embargo, no existen estudios que determinen su estado actual basado en su densidad poblacional en la región. La especie no se encuentra bajo protección legal en México, y no fue considerada como una especie bajo protección de la NOM- 059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010). En el ámbito internacional, la especie está considerada como de preocupación menor ("least concern") debido a su amplia distribución, presumiblemente con una gran población, y porque es poco probable que su tasa de disminución sea la requerida para que califique en la categoría de amenazada (Timm *et al.* 2008).

Para tomar acciones efectivas de conservación, es necesario conocer la situación actual y mantener un monitoreo del estado poblacional de cualquier especie de interés, que esté sujeta a aprovechamiento (e. g. Cuéllar y Noss 2014). Una herramienta muy importante para predecir la distribución potencial de las especies es el algoritmo de máxima entropía (MaxEnt), éste permite no sólo hacer estas predicciones con un valor de robustez estadística asociado, sino que también puede detectar cuáles variables tienen mayor peso para explicar los modelos que permiten hacer las predicciones espaciales, tanto de hábitat como de la distribución potencial de las especies. El objetivo de este trabajo fue estimar la distribución potencial de *N. leucodon* en el sur del desierto chihuahuense, así como su abundancia con base en la densidad de madrigueras activas.

Material y Métodos

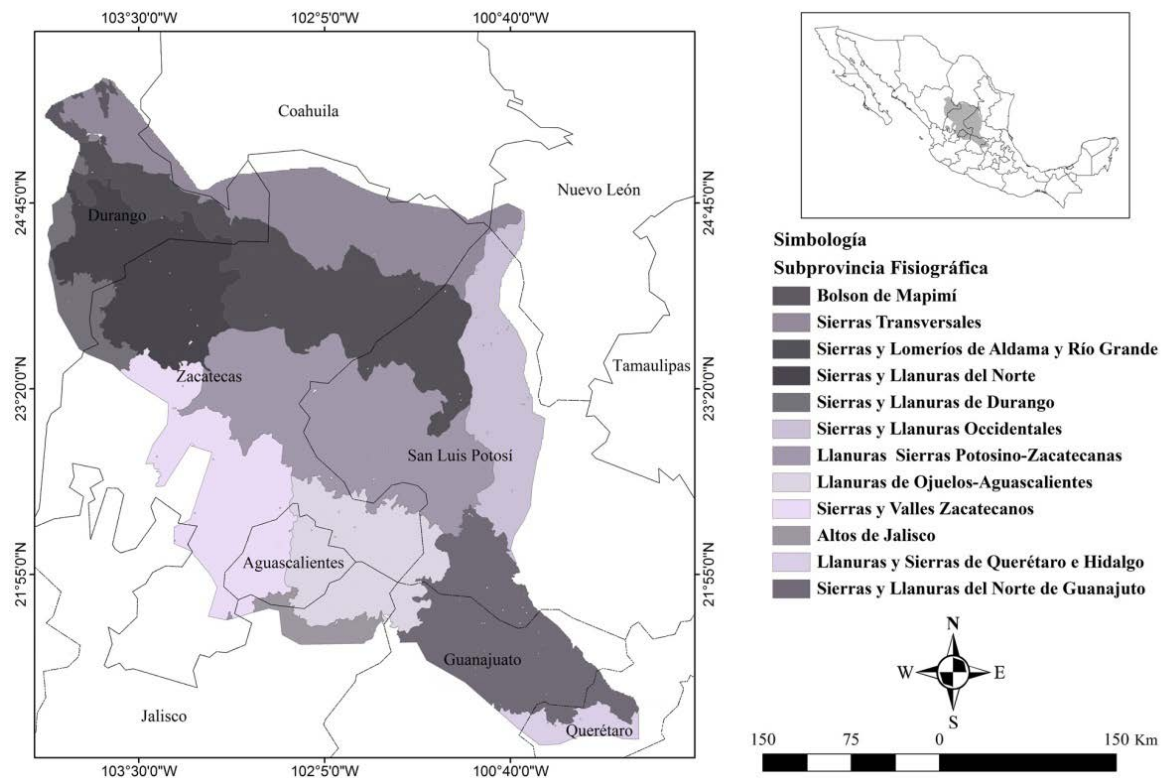
Área de estudio. El área de estudio comprendió la porción sur del desierto chihuahuense, en la porción centro-norte de México. Abarcó parte de los estados de Durango, Coahuila, Zacatecas, Nuevo León, San Luis Potosí, Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato y Querétaro, cuyas coordenadas extremas son 21.15 a 25.073° N y -100 a -102° W; abarcando una extensión de 88,338 km² (Figura 1). La fisiografía de la zona va de plana, ligeramente ondulada, a escabrosa, con presencia de grandes llanuras con sierras aisladas (Cervantes-Zamora *et al.* 1990). Para ayudar a comprender la distribución potencial de la rata magueyera, se incluyeron 12 Subprovincias Fisiográficas (SPF), o las porciones de éstas dentro del área de estudio. Esta zona tiene como límite la Sierra Madre Oriental hacia el este, la Sierra Madre Occidental hacia el oeste y el Eje Volcánico Transversal hacia el sur. La SPF Sierras Transversales constituye una barrera que divide al desierto chihuahuense en sus porciones norte y sur (Cervantes-Zamora *et al.* 1990) y sólo la porción sur se incluyó en este estudio. Las SPF consideradas fueron: Bolsón de Mapimí (BM), Sierras Transversales (ST), Sierras y Lomeríos de Aldama y Río Grande (SLARG), Sierras y Llanuras del Norte (SLN), Sierras y Llanuras de Durango (SLD), Sierras y Llanuras Occidentales (SLO), Llanuras y Sierras Potosino-

Zacatecanas (LSPZ), Llanuras de Ojuelos-Aguascalientes (LOA), Sierras y Valles Zacatecanos (SVZ), Altos de Jalisco (AJ), Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo (LSQH) y Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato (LSNG). Predominan los climas seco y semiseco, con época de lluvia de junio a septiembre, y seco el resto del año; en el área de estudio suelen presentarse sequías por varios años (SNIARN 2005). La vegetación presenta adaptaciones a la aridez (Rzedowski 1994).

Muestreo en campo. Para ubicar los puntos de muestreo se generó una rejilla con cuadros de 5 x 5 km (25 km²) usando cartografía base 1:250,000 del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI 1991; INEGI 2005a, b; INEGI 2007), y el programa informático ArcGIS 9.2 (ESRI 2006). De esta cartografía base se eliminaron zonas de cultivo, cuerpos de agua, zonas urbanas y otras infraestructuras humanas. Se obtuvieron 7,962 cuadros y, mediante muestreo simple aleatorio, se seleccionaron 233 sitios de muestreo, separados al menos por 5 km uno del otro, los cuales fueron localizados en campo mediante GPS, buscando el centroide de cada cuadro. A partir de cada centroide se trazó una parcela rectangular de 10 x 100 m, donde se registró la presencia de la rata magueyera, principalmente de madrigueras activas, excretas y mordeduras en nopales o magueyes (Aranda 2000; Elbroch 2003). También se registraron las siguientes variables: coordenadas geográficas, altitud, y pendiente del terreno que fue clasificada con base en lo reportado por el Ministerio del Medio Ambiente (2004) en: Nula o Suave (NS = < 3 °), Moderada (M = 3 - 10 °), Fuerte (F = > 10 - 20 °), Muy fuerte (MF = > 20 - 30 °) y Escarpada (E = > 30 °). Los tipos de suelo y tipos de vegetación se localizaron en la cartografía de INEGI (2005b, 2007).

Modelo de distribución potencial y cálculo de densidad poblacional. El mapa de distribución potencial se generó a partir de 25 variables en formato ráster, con resolución de 1 km², considerando 19 variables bioclimáticas de WorldClim 1.4 (Hijmans *et al.* 2005), tipo de suelo (INEGI 2007), cobertura vegetal (Hansen *et al.* 2000), tipo de vegetación (INEGI 2005b), altitud,

Figura 1. Mapa del área de estudio. Se muestran las Subprovincias Fisiográficas y los límites estatales dentro de la porción sur del desierto chihuahuense.



orientación y pendiente, derivadas del modelo digital de elevación (INEGI 2008). Para minimizar el número de variables se realizó una correlación de Pearson con el programa ENM Tools 1.4 (Warren *et al.* 2008). Todas las parcelas que presentaron registros se usaron para el desarrollo del modelo de distribución potencial. Para el modelado se utilizó el algoritmo MaxEnt versión 3.3.3k, usando 20 réplicas aleatorias y una validación cruzada, que consiste en re-sortear los datos para el modelado y para evaluar el modelo obtenido con los nuevos parámetros, según especificaciones de Phillips *et al.* (2006). Para generar el modelo, este algoritmo usa 70 % de los datos de ocurrencia; 30 % restante se usa para evaluar los errores de omisión y comisión. Se considera el área bajo la curva (AUC) generada por el algoritmo (Hernandez *et al.* 2006), curva obtenida directamente de la evaluación de los modelos por medio de las curvas ROC (*e. g.* Contreras-Medina *et al.* 2010). Asimismo, mediante una prueba de Jackknife, se evalúan las variables en el modelo y se obtiene la información y porcentaje que aporta cada una. Considerando el mapa promedio que representa el hábitat inferido y ajustado de la especie (Anderson *et al.* 2003; Burneo *et al.* 2009), se creó un mapa de presencia-ausencia utilizando ArcGIS 9.2 (ESRI 2006). Para la reclasificación, se tomó como umbral de corte el valor mínimo de probabilidad de presencia (0.6377), con el cual se establecieron cuatro niveles: ausente o no detectado, probabilidad baja, media y alta. Con este mapa y estos niveles se calculó el área de distribución potencial expresado en porcentaje del área total de cada SPF.

Con la información obtenida en las parcelas, se determinó la densidad relativa de madrigueras de rata magueyera (mad/km²). La densidad media fue analizada para el área total, así como para cada SPF. Se estimó el porcentaje de ocurrencia de indicios entre los niveles de altitud y la pendiente del terreno (medidos en campo), así como el tipo de suelo y el tipo de vegetación localizadas en la cartografía (INEGI 2005a).

Resultados

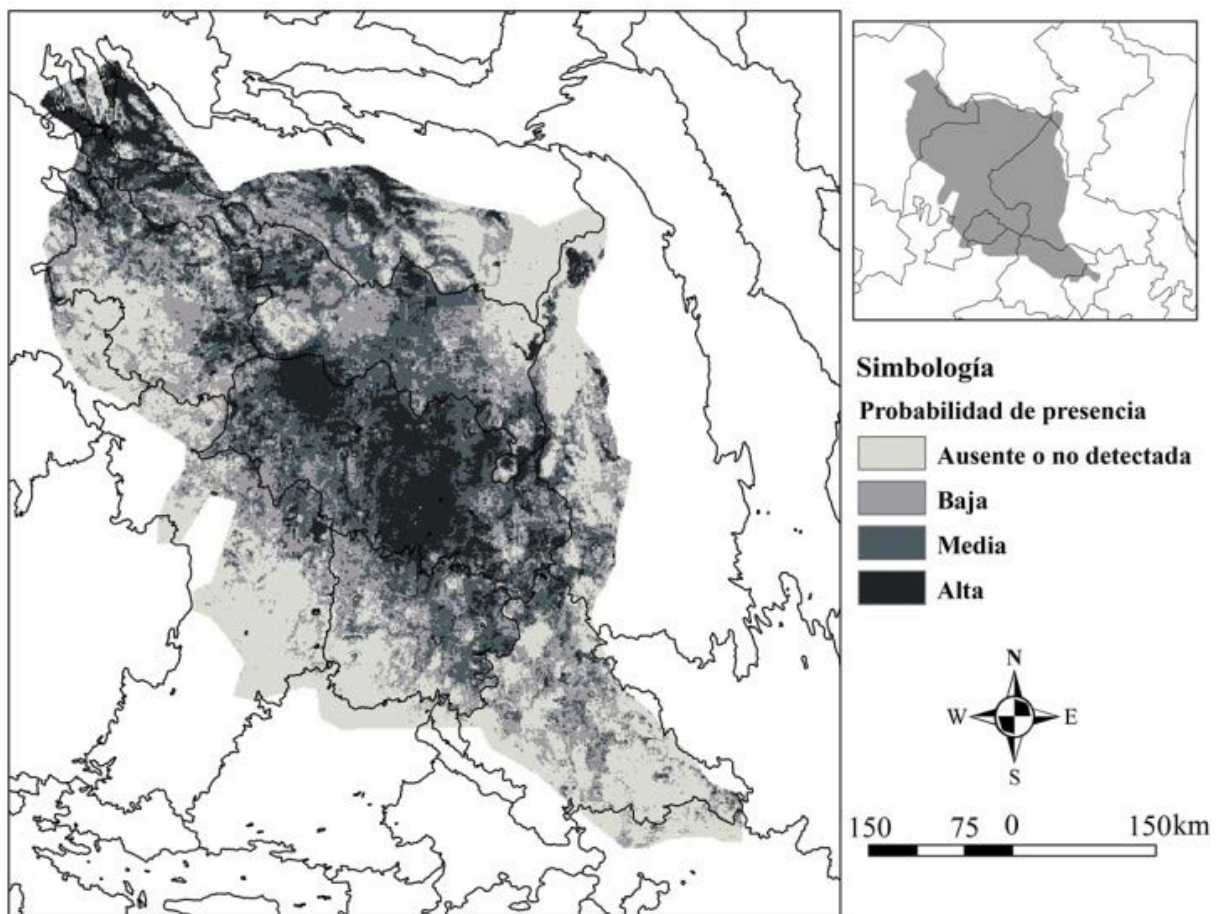
Se localizaron 69 (29.6 %) sitios con presencia de rata magueyera. De éstos, en seis no se encontraron madrigueras sino otras evidencias como excretas o nopales y magueyes roídos. Respecto a la distribución de los registros por pendiente, la mayor proporción (96 %) se encontró en zonas de pendiente baja, en donde 60.6 % en NS (< 3°) y 35.4 % en M (3 - 10°). Sólo el 4 % de los registros se observaron en pendiente E (> 30°). Se localizaron 14 tipos de suelo, los cuales dieron 28 combinaciones considerando textura y fase, donde 22 tuvieron indicios de presencia de madrigueras. El mayor número de registros (62.90 %) se encontró en los Xerosoles, seguido por Litosoles (13.39 %) y Castañozem (11.02 %). El menor número de indicios se localizó en Yermosol háplico con textura media y fase pedregosa. En los suelos Fluvisol, Gipsisol, Solonetz y Planosol no hubo registros. La especie se localizó mayoritariamente en los intervalos de altitud de 1,701 a 1,900, y de 1,901 a 2,100 m, con presencia escasa por debajo y por encima de dicho intervalo. En la zona se registraron 17 tipos de vegetación o uso del suelo, pero sólo se localizaron indicios de la presencia de las ratas magueyeras en diez, siendo el matorral desértico micrófilo el dominante (60 %), seguido de pastizal, mezquital y matorral rosetófilo (Anexo 1).

El modelo de distribución potencial predijo una área de 60,766 km² (68.8 %). Dentro de ésta, las zonas donde la probabilidad de presencia de la especie fue clasificada como media y alta, mostraron los porcentajes más bajos (Figura 2). La mayor probabilidad de distribución alta y media fue en el Bolsón de Mapimí (BM) y Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecanas (LSPZ). Por su parte, Sierras y Lomeríos de Aldama y Río Grande (SLARG), Llanuras de Ojuelos-Aguascalientes (LOA) y Sierras Transversales (ST) presentaron probabilidad de media a baja, con aporte importante en la probabilidad de ausente o no detectada, sobre todo en LOA y ST. En Sierras y Llanuras del Norte (SLN), Sierras y Llanuras de Durango (SLD), Sierras y Llanuras Occidentales (SLO), Sierras y Valles

Zacatecanos (SVZ) y Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato (SLNG) sólo hubo clasificación de probabilidad baja o, mayoritariamente, en ausente o no detectada. Se presentó la mayor proporción de hábitat con distribución ausente o no detectado en Altos de Jalisco (AJ) y Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo (LSQH). La densidad media de indicios para el área de distribución potencial fue de 545 mad/km². Las SPF que mostraron la mayor densidad (Tabla 1) fueron: LOA, LSPZ, BM, ST, SLO y SLARG. En SLD y SVZ no se observaron madrigueras, pero se localizaron otras evidencias de presencia. Las demás subprovincias presentaron valores más bajos.

De acuerdo con el análisis de la curva ROC, el modelo presentó una buena predicción (AUC = 0.903 ± 0.014). Con base en la correlación de Pearson, sólo 11 variables fueron utilizadas para la generación del modelo. Tres bioclimáticas relacionadas con la precipitación (Bio01, Bio03, Bio05), dos relacionadas con la precipitación (Bio13, Bio15), tipo de vegetación, cobertura vegetal, tipo de suelo, orientación, altitud y pendiente, que correspondieron a las variables que tuvieron baja correlación entre sí, y con las demás variables. Pero sólo diez fueron las que mejor explicaron la distribución (Tabla 2).

Figura 2. Distribución potencial de la rata magueyera en el sur del desierto chihuahuense.



Discusión

En recientes investigaciones de secuenciación de citocromo-b, *Neotoma leucodon* fue reconocida como una especie separada del complejo *N. albigula* (Edwards et al. 2001), debido a que ésta cambió de clasificación taxonómica. Existen pocos estudios relacionados con su distribución, y no hay ninguno específico relacionado con la población (Tim et al. 2008). En el caso del sur del desierto

chihuahuense, varios estudios anteriores al estudio genético hacen referencia a *N. albigula*, cuando en realidad se están refiriendo a *N. leucodon*.

La distribución y abundancia de las poblaciones de los pequeños mamíferos usualmente dependen de las interacciones entre las variables ambientales (Brown *et al.* 1972). En el caso de las principales variables de este estudio, éstas coincidieron con las reportadas por otros autores como las de mayor relevancia en el uso del hábitat por *N. albigula*. Respecto a la pendiente, sólo el estudio de Wright (1972) hace mención del uso de terrenos con pendiente moderada por parte de *N. albigula*. Esta característica es similar a los sitios en donde se localizaron las madrigueras

Tabla 1. Probabilidad de distribución potencial de la rata magueyera reportando tanto el área (km²) como el porcentaje, así como los valores de densidad de madrigueras (mad/km²), para cada SPF en el sur del desierto chihuahuense.

SPF	A-ND ¹		Baja		Media		Alta		mad/km ²
	Área	%	Área	%	Área	%	Área	%	
BM	30.7	5.8	41.9	7.9	83.7	15.9	370.9	70.35	666.7
ST	4,960.5	33.3	3,982.4	26.8	3,531.3	23.7	2,413.3	16.21	638.9
SLARG	2,143.4	11.6	6,037.9	32.8	7,148.3	38.8	3,084.3	16.75	509.4
SLN	1,679.0	26.6	2,504.0	39.6	1,485.1	23.5	648.7	10.27	375.0
SLD	1,335.4	63.6	541.5	25.8	195.0	9.3	29.4	1.40	0.0
SLO	2,266.6	47.9	1,366.0	28.9	813.0	17.2	289.3	6.11	600.0
LSPZ	110.1	0.8	1,854.3	13.1	5,581.2	39.6	6,566.2	46.53	727.3
LOA	1,451.9	27.1	1,832.7	34.2	1,691.6	31.5	387.2	7.22	789.5
SVZ	4,922.1	59.7	2,330.4	28.3	783.1	9.5	207.7	2.52	0.0
AJ	1,728.6	93.7	114.2	6.2	2.8	0.2	0.0	0.00	500.0
LSQH	2,295.6	80.5	496.5	17.4	53.3	1.9	4.8	0.17	333.3
SLNG	4,648.2	52.0	3,009.1	33.7	1,093.6	12.2	191.4	2.14	142.9
Total	27,572.1	31.2	24,110.9	27.3	22,462.1	25.4	14,193.3	16.1	545.1

¹A-ND = Ausente o No detectada

de *N. leucodon* en este estudio. Resalta la importancia del tipo de suelo y el tipo de vegetación, ya que están correlacionadas con la distribución y abundancia de varios roedores (Rosenzweig y Winakur 1969). En el caso del tipo de suelo, varios autores mencionan que las ratas magueyeras construyen sus madrigueras en zonas con presencia de rocas (Wright 1973; Timm *et al.* 2008). En el presente estudio, los suelos mostraron diferentes fases asociadas a rocas. Los tipos de vegetación en donde se localizaron los registros coincide con lo mencionado por Rangel-Silva (1987), Macedo y Mares (1988), Mellink (1991), Luévano *et al.* (2008) y Tim *et al.* (2008). El género *Neotoma* muestra una gran afinidad con la densidad de *Agave* sp. (Rangel-Silva 1987), *Opuntia* sp., y *Cylindropuntia* sp. (Vorhies y Taylor 1940; Raun 1966; Brown *et al.* 1972). Esto se debe a que las condiciones en estos sitios (estructura cerrada, alta densidad de plantas con espinas) ofrecen una mayor protección contra los depredadores (Brown *et al.* 1972). Wright (1972) menciona que el aumento de la cobertura vegetal parece incrementar la densidad de estas ratas sólo cuando las plantas que proveen alimento y agua son suficientes, por lo que se ocasiona un incremento en el número de madrigueras.

La distribución potencial de las madrigueras en el sur del desierto chihuahuense estuvo limitada hacia el norte y centro del área. Presentó alrededor de 40 % con condiciones adecuadas para probabilidad alta y media de distribución. Aun dentro de las diferentes subprovincias se observaron cambios en la probabilidad de presencia, por lo que es un hecho que la distribución

potencial de esta especie no es homogénea, la cual coincide en parte con la reportada por Ceballos *et al.* (2006). En el mapa que reportan dichos autores, casi en su totalidad (98 %) aparece como de alta probabilidad de presencia, y sólo pequeños parches de probabilidad baja y ausente o no detectada. Ese modelo se realizó por medio del algoritmo GARP, y usaron para su desarrollo sólo coberturas climáticas digitales y localidades de registro de la especie, las cuales fueron obtenidas de bases de datos. En el caso del modelo del presente artículo, se realizó con las coberturas climáticas digitales que no presentaron correlación entre ellas, y seis capas de variables del hábitat. El modelo tuvo un área bajo la curva mayor a 0.90, por lo que éste fue una buena predicción de distribución potencial (Phillips *et al.* 2006).

En cuanto a la relevancia de las variables bioclimáticas, se ha confirmado que las madrigueras de *Neotoma* proveen microclimas que permiten a sus ocupantes sobrevivir a las condiciones climáticas extremas del hábitat (Lee 1963; Brown 1968; Mares 1999). Esto se debe a que son excelentes irradiadores o conservadores de calor de acuerdo con las condiciones existentes en el momento (Cameron y Rainey 1972). Brown (1968) reportó que las ratas del género *Neotoma* pueden mantener constante la temperatura de su cuerpo aun después de estar cuatro horas expuestas a temperaturas ambientales de -10 a 30 °C. Si la temperatura ambiental aumenta a más de 32 °C, también incrementa la temperatura corporal de la rata. La máxima temperatura que puede tolerar esta especie es de 38 °C, observándose mortandad en la población a los 40 °C (Brown 1968). No existen reportes que indiquen que la precipitación influya de alguna manera en su dinámica poblacional. Morrison *et al.* (2002) menciona que, con excepción de *N. albigula*, todas las especies de roedores en el sureste de Arizona incrementaron sus poblaciones al aumentar la precipitación.

La localización de madrigueras es una fuente de información valiosa para determinar la distribución y hábitat potencial de las especies (*e. g.* Hansen y Beck; 1968; Kendall *et al.* 1992). También pueden ser usados para estimar la abundancia relativa (*e. g.* Reid *et al.* 1966; Kendall *et al.* 1992; Fargo y Laudenslayer 1999; Vreeland y Tietje 1999) debido a que la densidad relativa de esos indicios suele ser un reflejo de la abundancia real de una especie en un área en particular (Hansen 1957; Fargo y Laudenslayer 1999). En lo referente a la densidad de indicios tanto para el área de estudio como para cada una de las subprovincias, los valores se encuentran debajo de lo reportado para otros sitios. En el caso de *N. albigula* para el suroeste de Arizona, Hanson (1957) reporta una densidad de 21 madrigueras activas en 4.132 acres (aproximadamente 1,260 madrigueras/km²).

En la porción sur del desierto chihuahuense sólo el estudio de Rangel-Silva (1987) evaluó la densidad de madrigueras en tres localidades del altiplano potosino, reportando de 12 a 72

Tabla 2. Variables predictivas importantes para generación del modelo de distribución potencial de rata magueyera en el sur del desierto chihuahuense.

Variable	Contribución (%)	Porcentaje acumulado
Tipo de suelo	31.8	31.8
Tipo de vegetación	18.7	50.5
Cobertura vegetal	12.6	63.1
Máxima temperatura del mes más cálido Bio05	8.2	71.3
Pendiente	7.0	78.3
Precipitación estacional (Bio15)	5.4	83.7
Isotermalidad (Bio03)	4.9	88.6
Temperatura media anual (Bio01)	4.7	93.3
Orientación	4.0	97.3
Precipitación del mes más húmedo (Bio13)	2.7	100
Altitud	0	100

madrigueras activas/ha (1,200 - 2,700 madrigueras activas /km²). La localidad donde obtuvo la mayor densidad presentó vegetación de nopalera densa, así como presión moderada de manejo ganadero. En cuanto a la ocupación de madrigueras, el mismo autor menciona que se localizaron ratas jóvenes con ratas hembras adultas, corroborando parentesco entre ellas. En el presente estudio, los valores de densidad media de indicios se relacionaron directamente con los resultados de distribución potencial en algunas de las SPF. Para Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecanas (LSPZ), Sierras y Llanuras de Aldama y Río Grande (SLARG), Llanuras de Ojuelos-Aguascalientes (LOA) y Sierras Transversales (ST) hubo un reflejo directo, con alta densidad de indicios y alta distribución potencial. En Sierras y Llanuras del Norte (SLN), Altos de Jalisco (AJ), Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato (SLNG) y Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo (LSQH) hubo reflejo directo entre baja densidad y probabilidad baja o ausente. La excepción fue para el Bolsón de Mapimí (BM), donde se presentó baja densidad de indicios, pero alta probabilidad de presencia. En el caso de Sierras y Llanuras Occidentales (SLO) presentó densidad alta, pero el modelo de distribución potencial mostró áreas con probabilidad de presencia baja o ausente. En el caso de Sierras y Valles Zacatecanos (SVZ) y Sierras y Llanuras de Durango (SLD) hubo indicios, pero no se observaron madrigueras.

Comúnmente se considera que una rata ocupa una madriguera, pero en varios estudios se ha observado que no siempre es así, ya que el número de madrigueras usadas por esta especie es variable entre los individuos y el tiempo de uso (Fargo y Laudenslayer 1999). El cambio en el número de madrigueras no coincide necesariamente con la variación en el número de ratas, ni el cambio en el número de ratas necesariamente influye en la cantidad de madrigueras (Fargo y Laudenslayer 1999; Vreeland y Tietje 1999; Hamm *et al.* 2002; Merckels y Kerr 2002). En cambio, la abundancia de madrigueras puede estar relacionada con la calidad del hábitat, en lugar de la cantidad de ratas. Áreas con muchas madrigueras indican probablemente que el hábitat es de mejor calidad y, que potencialmente, puede mantener una gran cantidad de ratas, aunque, en un momento dado, el número de ratas puede ser bajo, y las áreas con relativamente pocas ratas indican baja calidad del hábitat (Fargo y Laudenslayer 1999).

El hábitat potencial para el establecimiento de madrigueras de rata magueyera en el sur del desierto chihuahuense estuvo marcadamente influido por el tipo de suelo y el tipo de vegetación. La densidad fue baja comparándola con los reportes en otros estudios (*e. g.* Hanson 1957; Rangel-Silva 1987). La gente que captura las ratas magueyeras en el sur del Desierto Chihuahuense usualmente destruye tanto la madriguera como la vegetación aledaña, con lo cual alteran el hábitat. La situación poblacional de esta especie es preocupante y, ante esto, es necesario realizar evaluaciones mejor enfocadas a este rubro. Se deben hacer más estudios para considerarla como un recurso aprovechable, siempre bajo la definición de estrictas bases de utilización, en las que debe enfatizarse su papel ecológico, y con un plan de manejo eficiente para la protección y utilización sustentable de la especie.

Resumen

Introducción: La rata magueyera es una especie clave para diversos procesos ecológicos. Es considerada un manjar y ha sido aprovechada sin control. Este trabajo se realizó con la finalidad de determinar su distribución potencial y evaluar su densidad con base en las madrigueras, así como las variables de mayor influencia.

Materiales y Método: El área de estudio fue de 88,338.4 km², y fue dividida en una rejilla de 7,962 cuadros de 5 x 5 km, de los cuales se muestrearon 233. En el centroide de cada cuadro se trazó una parcela rectangular de 10 x 100 m, donde se tomaron datos de las variables del hábitat: tipo de suelo, tipo de vegetación, pendiente, altitud, y presencia de madrigueras activas.

Resultados: Se localizaron 69 sitios con presencia de rata y con estos datos se obtuvieron valores de densidad, así como un modelo de distribución potencial con el programa Maxent usando 25 variables predictivas. El modelo (AUC = 0.920 ± 0.017) mostró una área de 60,766 km² (68.8 %) donde la densidad promedio fue de 545 madrigueras/km².

Discusión y conclusiones: Las principales variables que determinaron su distribución fueron: tipo de suelo y de vegetación, cobertura vegetal, pendiente y orientación, así como dos variables bioclimáticas derivadas de la precipitación y tres de temperatura. El hábitat potencial estuvo marcadamente influido por el tipo de suelo y de vegetación. La densidad de madrigueras fue baja comparándola con lo encontrado en otros sitios. Su situación poblacional podría considerarse preocupante, por lo que es necesario realizar evaluaciones más extensas de la población, incluyendo su uso como recurso alimenticio para un posible manejo de su uso.

Palabras clave: Abundancia poblacional; ambientes semiáridos; Maxent; tipo de suelo; tipo de vegetación.

Literatura citada

- ANDERSON, R. P., D. LEW, Y A. T. PETERSON.** 2003. Evaluating predictive models of species distributions: criteria for selecting optimal models. *Ecological Modelling* 162:211–232.
- ARANDA, M.** 2000. Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México. Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, México.
- BROWN, J. H.** 1968. Adaptation to environmental temperature in two species of woodrats, *Neotoma cinerea* and *N. albigula*. *Miscellaneous publications / University of Michigan. Museum of Zoology* 135:1-48.
- BROWN, J. H., G. A. IEBERMAN, Y W. F. DENGLER.** 1972. Woodrats and cholla: dependence of a small mammal population on the density of cacti. *Ecology* 53:310-313.
- BURNEO, S., J. F. GONZÁLEZ-MAYA, Y D. TIRIRA.** 2009. Distribution and habitat modelling for Colombian weasel *Mustela felipei* in the Northern Andes. *Small Carnivore Conservation* 41:41-45.
- CAMERON, G. N., Y D. G. RAINEY.** 1972. *Neotoma lepida* in the Mohave Desert. *Journal of Mammalogy* 53:251-266.
- CEBALLOS, G., S. BLANCO, C. GONZÁLEZ, Y E. MARTÍNEZ.** 2006. *Neotoma leucodon* (Rata magueyera). Distribución potencial. Extraído del proyecto DS006 'Modelado de la distribución de las especies de mamíferos de México para un análisis GAP'. Con un tamaño de píxel: 0.01 grados decimales. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Financiado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Ciudad de México, México.
- CERVANTES-ZAMORA, Y., S. L. CORNEJO-OLGUÍN, R. LUCERO-MÁRQUEZ, J. M. ESPINOZA-RODRÍGUEZ, E. MIRANDA-VIQUEZ, Y A. PINEDA-VELÁZQUEZ.** 1990. Provincias Fisiográficas de México. Clasificación de Regiones Naturales de México II, IV. 10. 2. Atlas Nacional de México. Vol. II. Escala 1:4000000. Instituto de Geografía. UNAM. Ciudad de México, México.
- CONTRERAS-MEDINA, R., I. LUNA-VEGA, Y C. A. RÍOS-MUÑOZ.** 2010. Distribución de *Taxus globosa* (Taxaceae) en México: Modelos ecológicos de nicho, efectos del cambio del uso de suelo y conservación. *Revista Chilena de Historia Natural* 83:421-433.
- CUÉLLAR, E., Y A. J. NOSS.** 2014. Diversidad de mamíferos y participación local en la conservación en el Gran Chaco Boliviano. *Therya* 5:39-60.
- EDWARDS, C. W., C. F. FULHORST, Y R. D. BRADLEY.** 2001. Molecular phylogenetics of the *Neotoma albigula* species group: further evidence of a paraphyletic assemblage. *Journal of Mammalogy* 82:267-279.
- ELBROCH, M.** 2003. *Mammals track and sign. A Guide to North American species.* Stanckpole books. Mechanicsburg, EE. UU.
- ENGLISH, P. F.** 1923. The dusky-footed woodrat (*Neotoma fuscipes*). *Journal of Mammalogy* 4:1-9.
- ESRI.** 2006. ArcGIS Desktop 9.2. Environmental System Research Institute. Redlands, EE. UU.
- FARGO, R., Y W. F. LAUDENSLAYER, JR.** 1999. Are house counts reliable estimators of dusky-footed woodrat population size? *Transactions of the Western Section of the Wildlife Society* 35:71-75.
- HAMM, K. A., L. V. DILLER, Y D. W. KITCHEN.** 2002. Comparison of indices to estimate abundance of dusky-footed woodrats. *Wildlife Society Bulletin* 30:64-70.
- HANSEN, R. M., Y R. F. BECK.** 1968. Habitat of pocket gophers in Cochetopa Creek drainage, Colorado. *American Midland Naturalist* 79:103-117.

- HANSEN, M., R. DEFRIES, J. R. G. TOWNSHEND, Y R. SOHLBERG.** 2000. Global land cover classification at 1km resolution using a decision tree classifier. *International Journal of Remote Sensing* 21:1331-1365.
- HANSON, W. R.** 1957. Density of woodrat houses in Arizona chaparral. *Ecology* 38:650.
- HERNÁNDEZ, P. A., C. H. GRAHAM, L. L. MASTER, Y D. L. ALBERT.** 2006. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography* 29:773-785.
- 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.
- INEGI.** 1991. Cartas geográficas de clima, suelo y precipitaciones, escalas 1: 10,000 y 1: 250,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Ciudad de México, México.
- INEGI.** 2005a. Conjunto de datos Vectoriales de la Carta de topografía. Escala 1:150,000, Serie II. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, México.
- INEGI.** 2005b. Conjunto de datos Vectoriales de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación. Escala 1:250,000, Serie III, Continuo Nacional. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Ciudad de México, México.
- INEGI.** 2007. Conjunto de datos Vectoriales Edafológicos. Escala 1:250,000, Serie II, Continuo Nacional. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Ciudad de México, México.
- INEGI.** 2008. Continuo de elevación nacional. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, México.
- KENDALL, K. C., L. H. METZGAR, D. A. PATTERSON Y B. M. STEELE.** 1992. Power of sign surveys to monitor population trends. *Ecological Applications* 2:422-430.
- LEE, A. K.** 1963. Adaptations to arid environments in woodrats of the genus *Neotoma*. University of California Publications in Zoology 64:57-96.
- LUÉVANO, J., E. MELLINK, M. E. RIOJAS-LÓPEZ, Y J. L. FLORES-FLORES.** 2008. Comunidades de roedores nocturnos en un ecotono de matorrales micrófilos y zacatal gipsófilo en San Luis Potosí, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79:197-203.
- MACEDO, R. H., Y M. A. MARES.** 1988. *Neotoma albigula*, Mammalian species 310: 1-7.
- MARES, M. A.** 1999. *Neotoma albigula*. Pp. 596-598 in *The Complete Book of North American Mammals* (Wilson, D. E. ed.). American Society of Mammalogists. Lawrence, EE. UU.
- MELLINK, E., J. R. AGUIRRE, Y E. M. GARCÍA.** 1986. Estudio sobre la utilización de la fauna Silvestre en el Altiplano Potosino-Zacatecano. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- MELLINK, E.** 1991. Rodent communities associated with three traditional agroecosystems in the San Luis Potosi Plateau. *Mexico: Agriculture, Ecosystems and Environment* 33:363-375.
- MERKELS, R., Y S. F. KERR.** 2002. Demographics, den use, movements and absence of *Leishmania mexicana* in Southern plains woodrats (*Neotoma micropus*). *The Southwestern Naturalist* 47:70-77.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE.** 2004. Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Ministerio del Medio Ambiente. Madrid, España.
- MORRISON M. L., A. J. KUENZI, C. F. BROWN, Y D. E. SWANN.** 2002. Habitat use and abundance trends of rodents in southeastern Arizona. *The Southwestern Naturalist* 47:519-526.
- PHILLIPS, S. J., R. P. ANDERSON, Y R. E. SCHAPIRE.** 2006. A maximum entropy modelling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190:231-259.
- RANGEL-SILVA, M. G.** 1987. Estudio sobre la producción de *Neotoma albigula* (Rata magueyera) en nopaleras de solar. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México.
- RAUN, G. G.** 1966. A population of woodrats (*Neotoma micropus*) in southern Texas. *Bulletin of the Texas Memorial Museum* 11:1-62.
- REID, V. H., HANSEN, R. M., Y A. L. WARD.** 1966. Counting mounds and earth plugs to census mountain pocket gophers. *Journal of Wildlife Management* 30:327-334.

- RIOJAS-LÓPEZ, M. E.** 2006. Rodent communities in two natural and one cultivated "nopaleras" (*Opuntia* spp.) in North-Eastern Jalisco, Mexico. *Journal of Arid Environments* 67:428-435.
- ROSENZWEIG, M. L., Y R. WINAKUR.** 1969. Population ecology of desert rodent communities: habitats and environmental complexity. *Ecology* 50:558-572.
- RZEDOWSKI, J.** 1994. Vegetación de México. Limusa. Ciudad de México, México.
- SEMARNAT.** 2010. 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. Diario Oficial de la Federación. 30 de diciembre del 2010.
- SCOBIE, D.** 2002. Status of the American badger (*Taxidea taxus*) in Alberta. Alberta Sustainable Resource Development, Fish and Wildlife Division, and Alberta Conservation Association, Wildlife Status Report No. 43:1-17.
- SNIARN (SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES).** 2005. Informe de la situación del medioambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Ciudad de México, México.
- SWEETS, J.** 1988. Measuring the accuracy of diagnostic system. *Science* 240:1285-1293.
- TIMM, R., S. T. ÁLVAREZ-CASTAÑEDA, Y T. LACHER.** 2008. *Neotoma leucodon*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.1. <www.iucnredlist.org>. Consultada el 16 de julio de 2014.
- VAN DE KOPPEL, J., Y H. H. T. PRINS.** 1998. The importance of herbivore interactions for the dynamics of African savanna woodlands: an hypothesis. *Journal of Tropical Ecology* 14:565-576.
- VORHIES, C. T., Y W. P. TAYLOR.** 1940. Life history and ecology of the white-throated woodrat, *Neotoma albigula* Hartley, in relation to grazing in Arizona. University of Arizona, College of Agriculture - Technical Bulletin 86:445-529.
- VREELAND, J. K., Y W. D. TIETJE.** 1999. Counts of woodrat houses to index relative population abundance. *Wildlife Society Bulletin* 27: 337-343.
- WARREN, D. L., R. E. GLOR, Y M. TURELLI.** 2008. Environmental niche equivalency versus conservatism: quantitative approaches to niche evolution. *Evolution* 62:2868-2883.
- WELLS, P. V., Y C. D. JORGENSEN.** 1964. Pleistocene woodrat middens and climate change in the Mojave Desert: a record of juniper woodlands. *Science* 143:1171-1173.
- WILSON, J. W. III.** 1974. Analytical zoogeography of North American mammals. *Evolution* 28:124-140.
- WILSON, J. W., J. O. SEXTON, R. J. TODD, Y N. M. HADDAD.** 2013. The relative contribution of terrain, land cover and vegetation structure indices to species distribution models. *Biological Conservation* 164:170-176.
- WHITFORD, W. G., Y Y. STEINBERGER.** 2010. Pack rats (*Neotoma* spp.): keystone ecological engineers? *Journal of Arid Environments* 74:1450-1455.
- WRIGHT, M. E.** 1973. Analysis of habitats of two woodrats in southern New Mexico. *Journal of Mammalogy* 54:529-535.

Sometido: 7 de septiembre de 2014

Revisado: 22 de noviembre de 2014

Aceptado: 15 de enero de 2014

Editor asociado: Juan Pablo Gallo

Anexo 1

Ubicación de los registros de presencia de madrigueras de rata magueyera en el sur del desierto chihuahuense. Se aporta información de las coordenadas y ubicación en SPF, así como de las condiciones ambientales en esos puntos: pendiente del terreno (Pend), tipo de suelo (Tip), fase (Fase), altitud (msnm), tipo de vegetación (Veg), así como el tipo de evidencia (Evi).

Suelo								
Long	Lat	SPF	Pend ¹	Tip ²	Fase ³	Elev	Veg ⁴	Evi ⁵
-100.853	24.528	ST	NS	Xh	Pc	1714	Mdm	Ma
-101.148	24.402	ST	NS	Kh	NP	1938	Mdm	Ma-Ex
-101.196	24.448	ST	M	Xh	Pc	1797	Mdr	Ma
-101.894	24.704	ST	NS	Xh	Pc	1692	Mdm	Ex
-102.064	24.757	ST	M	Xk	G	1898	Mdr	Ma-Ro
-102.145	24.765	ST	NS	Xk	NP	1982	M	Ma-Ro
-102.157	24.430	ST	M	I	Pd	1700	Mdm	Ma-Ro
-102.207	24.389	ST	NS	Xk	Pc	1633	Mdm	Ma
-102.220	24.756	ST	NS	Xk	NP	1945	M	Ma
-103.315	25.116	ST	E	I	Li	1338	Mdm	Ma
-103.413	25.119	ST	E	I	Li	1454	Mdr	Ma
-103.642	25.192	ST	E	Yh	Pd	1338	Mdr	Ma
-103.952	25.308	BM	E	I	Li	1299	Mdr	Ma-Ex
-104.137	25.415	ST	E	I	G	1520	Mdr	Ex
-101.605	23.663	SLARG	NS	Xh	Pc	2120	Mdm	Ma
-101.868	24.110	SLARG	NS	Xh	S	1822	Mdm	Ma
-101.895	24.060	SLARG	NS	Xh	S	1847	Mdm	Ma
-101.943	23.771	SLARG	M	Xh	S	2061	Mdm	Ma
-102.281	24.260	SLARG	NS	Xh	Pc	1769	Mdm	Ma-Ex-Ro
-102.450	24.053	SLARG	NS	PHh	Li	1852	Mdm	Ma
-102.527	24.209	SLARG	NS	Xh	S	1791	Mdm	Ma
-102.579	24.233	SLARG	NS	Xh	NP	1800	Mdm	Ma
-102.749	24.624	SLARG	NS	Xh	G	1581	Mdm	Ma
-103.266	24.709	SLARG	M	I	G	1588	Mdm	Ex
-103.272	24.778	SLARG	M	I	G	1510	Mdm	Ma-Ex-Ro
-103.323	24.818	SLARG	M	I	G	1526	Mdr	Ma
-103.367	24.874	SLARG	NS	Xh	NP	1425	Mdm	Ma
-103.497	24.876	SLARG	M	Xk	G	1569	Mdm	Ma
-103.772	25.085	SLARG	NS	Rh	Pd	1367	Mdr	Ma
-103.789	25.102	SLARG	NS	Rh	Pd	1361	Mdr	Ma
-103.352	24.582	SLN	M	I	Pd	1754	Mdm	Ma
-103.322	24.599	SLN	M	Xh	NP	1735	Mdm	Ma
-103.646	25.616	SLD	M	Re	Pc	1241	Mdm	Ro
-100.843	24.374	SLO	NS	Xh	Pc	1745	Iz	Ma
-100.862	23.431	SLO	NS	Xh	NP	1864	M-I	Ma

Continuación Anexo 1

Long	Lat	SPF	Pend ¹	Tip ²	Fase ³	Elev	Veg ⁴	Evi ⁵
-100.967	23.814	SLO	NS	Xg	S	1728	Vh	Ma
-101.567	23.503	LSPZ	M	Xh	Pc	2082	Mdm	Ma
-101.655	23.477	LSPZ	NS	Xh	Pc	2027	Mdm	Ma
-101.660	23.048	LSPZ	NS	Xh	Pc	2109	Mdm	Ma
-101.679	23.273	LSPZ	M	Xh	Pc	2005	Mdm	Ma
-101.684	22.665	LSPZ	NS	Xk	Pcp	2100	P	Ma
-101.696	22.679	LSPZ	NS	Xk	Pcp	2092	P	Ma
-101.703	22.672	LSPZ	NS	Xk	Pcp	2098	P	Ma
-101.714	22.692	LSPZ	NS	Xk	Pc	2105	M	Ma
-101.768	23.328	LSPZ	NS	Kh	Pd	1994	Mdm	Ma
-101.781	22.825	LSPZ	NS	Xk	Pc	2141	P	Ma
-101.872	23.320	LSPZ	NS	Kh	Pd	1968	Mdm	Ma-Ro
-101.953	23.353	LSPZ	NS	Xh	S	1933	M	Ma
-101.954	22.673	LSPZ	M	Xk	Pc	2130	Mdm	Ma
-102.170	23.178	LSPZ	NS	I	Pd	1891	Mdm	Ex
-102.333	23.265	LSPZ	NS	I	Pc	1999	Mdm	Ma
-102.360	23.466	LSPZ	M	Xh	Pc	2049	Mdm	Ma
-102.367	23.504	LSPZ	NS	I	Pc	1989	Mdm	Ma
-102.437	23.491	LSPZ	M	Re	Pc	2065	Mdm	Ro-Ex
-102.483	23.611	LSPZ	NS	I	Pc	1975	Mdm	Ma
-102.499	23.656	LSPZ	M	Kh	Pc	1968	Mdm	Ma
-102.596	23.560	LSPZ	M	Kh	Pc	2039	Mdm	Ma
-102.628	23.431	LSPZ	NS	Xh	NP	2111	M	Ma-Ex-Ro
-101.682	21.867	LOA	NS	PHh	NP	2186	H	Ma
-101.226	21.904	LOA	NS	Xh	NP	2180	P	Ma
-101.368	21.834	LOA	M	Kh	NP	2264	P	Ma
-101.379	21.861	LOA	M	Xh	NP	2226	P	Ma
-101.408	22.111	LOA	M	Kh	S	2161	P	Ma
-102.294	22.343	SVZ	M	Rh	Pd	1987	P	Ex
-101.646	21.617	AJ	NS	Xh	S	2193	P	Ma
-102.388	21.562	AJ	NS	PHh	NP	1793	P-H	Ma
-100.262	20.676	LSQH	M	Rh	Pd	1919	Mc	Ma
-100.405	21.267	SLNG	M	PHh	Li	2176	Mc	Ma
-100.918	21.377	SLNG	NS	PHh	NP	2036	M	Ma

¹NS = nula a suave, M = moderada, E = escarpada; ²I = Litosol, Yh = Yermosol háptico, Xk = Xerosol cálcico, Xh = Xerosol háptico, Kh = Castañozem háptico, Rh = Regosol háptico, PHh = Feozem háptico, Xg = Xerosol gípsico, Re = Regosols eútrico; ³Pc = Petrocálcico, NP = Sin fase, G = Gravosa, Pd = Pedregosa, L = Lítica, S = Salina, Pcp = petrocálcica profunda; ⁴Mdr = Matorral desértico rosetófilo, Mdm = Matorral desértico micrófilo, M = Mezquital, Iz = Izotal, Vh = Vegetación halófila, P = Pastizal, H = Huizachal, p-H = Pastizal-huizachal, Mc = Matorral crasicaule; ⁵Ma = Madriguera, Ex = Excreta, Ro = Vegetación roída.