

Características del hábitat de la rata nopalera (*Neotoma leucodon*) del Altiplano Potosino-Zacatecano

Characteristics of the habitat of the white-toothed woodrat (*Neotoma leucodon*) in the Potosino-Zacatecano Plateau

Hernández-Juárez Alma^{1ID}, Tarango-Arámbula Luis^{1ID}, Espinosa-Reyes Guillermo^{2ID}, Cortez-Romero César^{1ID}, Ugalde-Lezama Saúl^{3ID}, Olmos-Oropeza Genaro^{1*ID}

¹Posgrado de Innovación en Manejo de Recursos Naturales, Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí, Iturbide 73, Colonia Centro, CP. 78620. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí. S.L.P. México. ²Centro de Investigación Aplicada en Ambiente y Salud de la Facultad de Medicina-CIACYT, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Av. Sierra Leona No. 550, Col. Lomas 2a, CP. 78210 San Luis Potosí, S.L.P. México. ³Departamento de suelos. Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5 Carretera México-Texcoco, CP. 56230 Chapingo, Estado de México. *Autor responsable y de correspondencia: Genaro Olmos Oropeza. delia_msn.com, ltarango@colpos.mx, guillermo.espinosa@uaslp.mx, ccortez@colpos.mx, biologo_ugalde@hotmail.com, olmosg@colpos.mx

RESUMEN

La rata nopalera (*Neotoma leucodon*) habita las zonas áridas del centro-norte de México y es importante para las comunidades rurales como alimento e ingreso económico. El objetivo fue caracterizar el hábitat de la rata nopalera en el Altiplano Potosino-Zacatecano. En 44 sitios con madrigueras y 44 aleatorios, se registró la altitud, la pendiente, exposición de la pendiente, la cobertura del suelo: arbustivas, gramíneas, roca, material leñoso y suelo desnudo, así como la densidad de nopal, maguey, arbustos y palmas. Asimismo, se encuestaron 21 cazadores-recolectores (C-R) acerca de las condiciones del hábitat de la rata. Ésta construyó sus madrigueras en maguey (40.4 %) y el 47.6 % de los C-R aseguran que la rata es más frecuente en los nopales. El 90 % de las madrigueras se ubicaron en terrenos con pendientes bajas (≤ 4 %) donde la densidad y la cobertura de arbustivas fueron dominantes ($2085.6 \pm 1825 \text{ ha}^{-1}$, 36.1 ± 17.5 %, respectivamente). Las madrigueras de rata se asocian con arbustos y nopales, ya que les brindan alimento y protección contra depredadores. Los C-R consideran que para conservar la rata es necesario dejar que se reproduzcan, establecer temporadas de caza y mantener la vegetación.

Palabras clave: Cobertura de suelo, conocimiento local, densidad, madrigueras.

ABSTRACT

The white-toothed woodrat (*Neotoma leucodon*) inhabits the arid zones of north-central Mexico and is important for rural communities for food and economic income. The objective was to characterize the habitat of the white-toothed woodrat in the Potosino-Zacatecano Plateau. In 44 sites with burrows and 44 random sites, the altitude, slope, slope exposure, ground cover: shrubs, grasses, rock, woody material and bare soil, as well as the density of cactus, agave, shrubs and palms were recorded. In addition, 21 hunter-gatherers (H-G) were surveyed about woodrat habitat conditions. The woodrat builds its burrows in agaves (40.4 %) and 47.6 % of the H-Gs stated that the woodrat was more frequent in nopal cactus. Ninety % of the burrows were located on terrain with low slopes (≤ 4 %), where shrub density and cover were dominant

($2085.6 \pm 1825 \text{ ha}^{-1}$, $36.1 \pm 17.5\%$, respectively). Rat burrows are associated with shrubs and cactus, as they provide them with food and protection from predators. The H-G consider that in order to conserve the woodrat it is necessary to allow them to reproduce, establish hunting seasons and maintain the vegetation.

Keywords: Soil cover, local knowledge, density, burrow.

INTRODUCCIÓN

Los roedores conforman al grupo de mamíferos más grande del mundo, en México se conocen alrededor de 245 especies de ellos. El género *Neotoma* está compuesto por cuatro subgéneros (*Teonopus*, *Hodomys*, *Teonoma* y *Neotoma*), este último consta de cuatro especies (*albigula*, *floridana*, *lepida* y *mexicana*) (Hall, 1982) y más recientemente *N. leucodon*, la cual, mediante la secuenciación del citocromo-b fue separada del grupo de *N. albigula* (Edwards *et al.*, 2001).

Las especies que se distribuyen en el Altiplano Potosino-Zacatecano son *N. leucodon* y *N. mexicana*. La distribución de *N. leucodon* se distribuye desde el sudeste de Colorado, el este de Nuevo México, el oeste de Oklahoma y Texas (E.E. U.U.). Hacia el sur a través de Chihuahua, Coahuila, Guanajuato, Querétaro y hasta el centro de México, (Ceballos, 2010a), mientras que la distribución de *N. mexicana* inicia desde el sureste de Utah y el centro de Colorado, E.E.U.U., desde el sur a oeste y el interior de México (Ceballos, 2010b).

La rata nopalera además de desempeñar un papel importante en la dinámica de la comunidad, son presas de algunas aves y mamíferos, incluido el ser humano. En el Altiplano Potosino-Zacatecano esta especie es aprovechada por la población rural como fuente de alimento y para comercio local (Márquez-Olivas, 2002). Los habitantes de esta zona le atribuyen diversas propiedades alimenticias y la consideran un alimento inocuo, pues su alimentación la basa en el consumo de plantas. Sin embargo, sus preferencias de hábitat se desconocen.

La rata nopalera es territorial, y al igual que el resto de los roedores es ecológicamente importante, pues dispersa semillas (Schupp *et al.*, 2010) y favorece la regeneración de las comunidades vegetales (Nathan & Muller-Landau, 2000); asimismo, las comunidades vegetales permiten el establecimiento de diversas poblaciones de roedores (Riojas-López, 2012). Además, las madrigueras de la rata mejoran la infiltración de agua, permiten la mineralización del nitrógeno y son el refugio de artrópodos (Whitford & Steinberger, 2010). *N. albigula* es generalista y se alimenta de *Opuntia* spp., *Yucca* spp., *Prosopis* spp. y *Agave* spp. (92%), frutos de cactáceas e insectos (Sorensen *et al.*, 2005); no obstante; poco se conoce acerca de la influencia de la vegetación sobre los asentamientos de sus poblaciones (Edwards & Bradley, 2002).

Se ha mencionado que *N. leucodon* se asocia a matorrales desérticos (Edwards *et al.*, 2001); sin embargo, otro estudio demostró que *N. leucodon* y *N. mexicana* no prefieren algún tipo de vegetación en específico (Villanueva-Hernández *et al.*, 2017). A diferencia de otras especies del mismo género tal como, *N. lepida*, la cual requiere hábitats rocosos para su termo regulación (Murray & Smith, 2012). Ante tales diferencias, se requiere complementar el conocimiento relacionado con la selección de la vegetación por las especies de fauna silvestre. Los objetivos de este trabajo fueron: 1) caracterizar el hábitat de la rata nopalera (*Neotoma leucodon*) en sitios con madrigueras y sitios aleatorios; 2) determinar las variables del hábitat con las que mayormente la presencia de la rata nopalera se asocia y 3) complementar la información sobre las características de hábitat con el conocimiento local. Este estudio contribuye al conocimiento del género *Neotoma*, sus resultados pueden ser considerados para mejorar las condiciones del hábitat y establecer planes de manejo para esta especie.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio. Este estudio se realizó durante el periodo de septiembre a diciembre de 2017 en el Altiplano Potosino-Zacatecano en los estados de San Luis Potosí, Zacatecas y Guanajuato (Figura 1). El Altiplano Potosino-Zacatecano se localiza en la región fisiográfica planicie central del Altiplano Mexicano, dentro de las altiplanicies del centro y sur de San Luis Potosí y sureste de Zacatecas e incluye Aguascalientes y regiones adyacentes de Guanajuato y Jalisco. El área de estudio se ubica en las coordenadas 21°30' a 23°30' LN y de 100°45' a 102°45' LO. Esta zona se caracteriza por la presencia de serranías, lomeríos y llanuras, con altitudes de 1 000 a 2 600 m de altitud. Predomina el clima seco templado (BS₀ kw) con lluvias en el verano y una precipitación invernal entre 5 y 10.2 % del total anual, presenta temperaturas medias del mes más cálido entre 12 y 18 °C y el mes más frío entre - 3 y 18 °C (INEGI, 2021). En las comunidades vegetales es común encontrar matorrales crasicaules, rosetófilos y micrófilos.

Las especies vegetales que predominan en el matorral crasicaule son del género *Opuntia*, entre ellas: *O. leucotricha*, *O. streptacantha*, y especies de arbustos como: *Dalea tuberculata*, *Jatropha dioica*, *Mimosa aculeaticarpa*. En el matorral desértico micrófilo se encuentra, *Larrea tridentata*, *Parthenium incanum*, *Prosopis laevigata*, *Zinnia acerosa*. El matorral rosetófilo está dominado por *Agave lechuguilla*, *Dasyilirion acotriche*, *Yucca carnerosana*, *Y. filifera*, y *Salvia ballotaeflora* (Giménez & González, 2011).

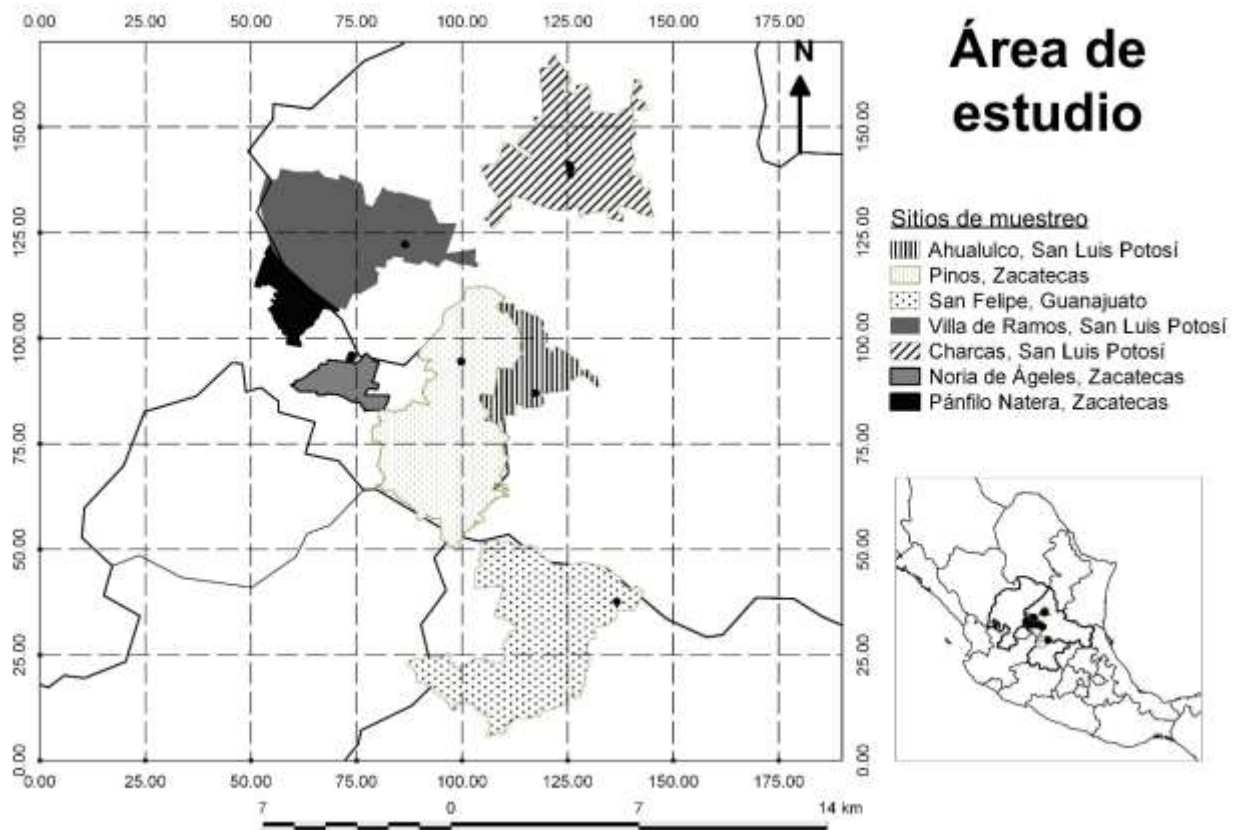


Figura 1. Estados y municipios en que se caracterizó el hábitat de la rata nopalera (*Neotoma leucodon*) en el Altiplano Potosino-Zacatecano

Caracterización del hábitat. El hábitat de la rata nopalera se caracterizó en parcelas circulares de 20 m de diámetro (Solís & Gutiérrez, 1990), considerando las madrigueras activas como centro y en sitios aleatorios. Las madrigueras se localizaron con el apoyo de cazadores locales mediante recorridos de campo y se consideró como una madriguera activa aquellas donde el material de construcción se encontró acomodado, con corredores libres de vegetación, presencia de nopal y maguey roído. El muestreo de madrigueras activas consistió en seleccionar aquellas que mantuvieran una distancia de al menos 50 m entre una y otra. Se evaluó una parcela aleatoria por cada parcela establecida en las madrigueras activas, éstas se establecieron a 50, 100, 150 ó 200 m y en dirección Norte, Sur, Este, Oeste, considerando el ámbito hogareño cuya distancia mayor fue de 50 m para *N. magister* (Hornsby, 2005) y el área de actividad de *N. Fuscipes*, la cual de acuerdo con Innes *et al.* (2009) se restringe al área central de su madriguera. Asimismo, Cranford (1977) reportó que el ámbito hogareño de los machos y hembras de *N. Fuscipes* fue de 2 289 m² y 1 924 m², respectivamente.

Los sitios con madrigueras y aleatorios fueron georreferenciados con un Sistema de Posición Global (GPS Garmin Etrex 10) y en ellos se evaluaron las siguientes variables: a) elevación, b) pendiente (%) (clinómetro Suunto PM-5/360 PC), c) exposición de la pendiente (brújula Brunton 5007), d) sustrato (planta en donde se construye la madriguera), e) número de nopales (*Opuntia* spp.), cardenches (*Cylindropuntia* spp.), magueyes (*Agave* spp.), palmas (*Yucca* spp.) y arbustos, así como la cobertura de suelo. Para cuantificar la cobertura del suelo en las categorías de arbustivas, gramíneas, herbáceas, suelo desnudo, material leñoso y roca, se usaron dos líneas Canfield de 20 m, cada una de ellas dividida en 40 secciones de intersección (cada 50 cm).

Conocimiento local acerca de la rata nopalera. Para conocer la percepción de los cazadores-recolectores (C-R) acerca del uso del hábitat por la rata nopalera, de su alimento y algunas acciones que ellos consideran llevar a cabo para conservar sus poblaciones, se les aplicaron encuestas mediante la metodología bola de nieve, la cual consiste en que a cada persona que ha sido encuestada se le solicita que recomiende a otras personas para ser entrevistadas (Ledesma *et al.*, 2002).

Análisis estadísticos. Se obtuvieron las estadísticas descriptivas (media y desviaciones estándar) de las variables del hábitat de la rata nopalera (cobertura del suelo y densidad de vegetación). Asimismo, para comparar la información de las variables de los sitios con madrigueras y aleatorios se realizó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis en el software JMP v.13.10 (2016). Para disminuir la varianza en el conjunto de variables independientes (Categorías de la cobertura de suelo, densidad de plantas, elevación, pendiente, exposición de la pendiente) se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) en el software R v. 3.4.3 (R Core Team, 2013). La asociación gráfica de la presencia de las madrigueras con las variables que resultaron del ACP, se obtuvo con un Análisis de Correspondencia Simple (ACS) (Ledesma, 2008) en el software Statistica v. 13.3 (2017); para ello, las variables ordinales se convirtieron a variables nominales y se categorizaron. En todos los casos se consideró un intervalo de confianza del 95 % y un $\alpha = 0.05$. Finalmente, las frecuencias y porcentajes de las variables incluidas en las encuestas se obtuvieron en Microsoft Excel (2016).

RESULTADOS

Las madrigueras de la rata nopalera se localizaron a una altitud promedio de 2105 ± 87.38 m en pendientes bajas (4 %) y solo una se ubicó en un sitio con pendiente de 11 %. La exposición de la pendiente no representó un componente clave del hábitat para el establecimiento de las madrigueras por *N. leucodon*, puesto que no hubo preferencia por alguna exposición; sin embargo, 12 y 10 madrigueras se encontraron en exposiciones Noreste (NE) y Noroeste (NO), respectivamente.

En campo se identificó que la mayoría de las madrigueras se construyeron en la base de magueyes (40.9 %) y nopales (36.4 %), mientras que el 47.6 % de los C-R mencionaron que la rata nopalera construye sus madrigueras en el nopal y el 33.3 % de ellos mencionan que en el maguey. Sin embargo, el 42.8 % de los C-R aseguran que las ratas son más grandes cuando se encuentran en el maguey. Las madrigueras de la rata nopalera se encontraron donde hubo mayor densidad de arbustos y maguey (Tabla 1).

Tabla 1. Medias y desviaciones estándar de la densidad de plantas (individuos ha⁻¹) en sitios con madrigueras y aleatorios en el hábitat de la rata nopalera (*Neotoma leucodon*) del Altiplano Potosino-Zacatecano

	Sitio	
	Madriguera (n = 44)	Aleatorio (n = 44)
Maguey	740.1 ± 899	263.3 ± 362.3
Nopal	590.3 ± 473.1	413 ± 563.1
Cardenche	102 ± 133.9	122.2 ± 154.7
Arbustivas	2085.6 ± 1825	2156.6 ± 2004.9
Palmas	28.9 ± 67.9	20.3 ± 47.1

En los sitios con madrigueras y aleatorios, las variables densidad de plantas y cobertura de suelo no mostraron diferencias significativas ($\alpha = 0.05$), aun cuando en los sitios con madrigueras se encontró una mayor densidad de maguey y nopal, así como porcentajes mayores de cobertura por arbustivas y material leñoso, mientras que los sitios aleatorios fueron más propensos a contener roca, herbáceas y gramíneas (Tabla 2). El ACP sugiere que, de las 14 variables evaluadas, seis explican en mayor proporción el fenómeno bajo estudio (Tabla 3).

Tabla 2. Medias y desviaciones estándar de los porcentajes de cobertura de suelo de los sitios con madrigueras y aleatorios en el hábitat de la rata nopalera (*Neotoma leucodon*) del Altiplano Potosino-Zacatecano

Cobertura de suelo (%)	Sitio	
	Madriguera (n = 44)	Aleatorio (n = 44)
Arbustivas	36.1 ± 17.5	23.1 ± 16
Suelo desnudo	18.6 ± 16.1	19.3 ± 19
Roca	13.6 ± 13.2	23.2 ± 22.4
Material leñoso	8.4 ± 5.6	1.5 ± 2.6
Gramíneas	13.4 ± 13.7	18.6 ± 18
Herbáceas	9.9 ± 15	14.2 ± 19.3

Tabla 3. Resultado del ACP de las variables del hábitat de los sitios con madrigueras (44 sitios) y aleatorios (44 sitios) en el hábitat de la rata nopalera (*Neotoma leucodon*) del Altiplano Potosino-Zacatecano

Variable	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3
ALTITUD	0.3044	0.2360	- 0.1649
COB.ARBU	0.0639	- 0.5350	0.2142
COB.GRAMIN	- 0.0031	0.2899	0.4895
COB.MATLE	0.0610	-0.3566	- 0.294
COB.PAST	- 0.0846	0.2016	- 0.5663
COB.ROCA	- 0.4076	0.2375	0.0086
COB.SUELDES	0.4437	- 0.0717	- 0.0969
DENS.ARBU	0.4095	- 0.0596	- 0.1404
DENS.CARDE	0.3586	0.1626	0.1045
DENS.MAGUEY	- 0.2506	- 0.3536	- 0.0717
DENS.NOPAL	- 0.0257	- 0.3696	0.3121
DENS.PALMAS	- 0.1699	- 0.2079	- 0.3700
PENDIENTE	- 0.3746	0.0977	- 0.0047
Importancia de los componentes			
	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3
Desviación estándar	1.7429231	1.5177777	1.2400455
Proporción de la varianza	0.2336755	0.1772038	0.1182856
Proporción acumulada	0.2336755	0.4108792	0.5291649

COB.ARBU = Cobertura de arbustos (%), COB.GRAMIN = Cobertura de gramíneas (%), COB.MATLE = Cobertura de material leñoso (%), COB.PAST = Cobertura de pasto (%), COB.ROCA = Cobertura de roca (%), COB.SUELDES = Cobertura de suelo desnudo (%), DENS.ARBU = Densidad de arbustos ha⁻¹, DENS.CARDE = Densidad de cardenches ha⁻¹, DENS.MAGUEY = Densidad de maguey ha⁻¹, DENS.NOPAL = Densidad de nopal ha⁻¹, DENS.PALMAS = Densidad de palmas ha⁻¹.

El análisis de correspondencia simple mostró una asociación gráfica de las variables que resultaron del ACP con la presencia de las madrigueras de la rata nopalera en el área de estudio, éste identificó la conformación de tres grupos que se relacionan con una inercia que explica el 37.5 % (Figura 2). Los grupos uno y tres demuestran que la rata nopalera tiene una preferencia por la densidad de nopales, cobertura y densidad de arbustivas, cobertura de roca, cobertura de gramíneas y suelo desnudo.

El 66.7 % de los encuestados mencionan que la rata nopalera basa su alimentación en la ingesta de nopal rastrero (*O. rastrera*), nopal cardón (*O. streptacantha*) y maguey (*Agave* spp.); por ello, es considerada como un alimento saludable y libre de contaminantes. El 36 % de los C-R, aseguran que la rata se puede cazar durante todo el año; no obstante, esta actividad ha diezmando sus poblaciones, así lo aseguró el 42.8 % de los C-R, el 38 % mencionan que su abundancia se ha mantenido y sólo el 23.8 % hizo referencia a que ha aumentado. Sin embargo, la abundancia de la rata en el Altiplano Potosino-Zacatecano aún se desconoce, así como su nivel de consumo e índice de aprovechamiento por la población local.

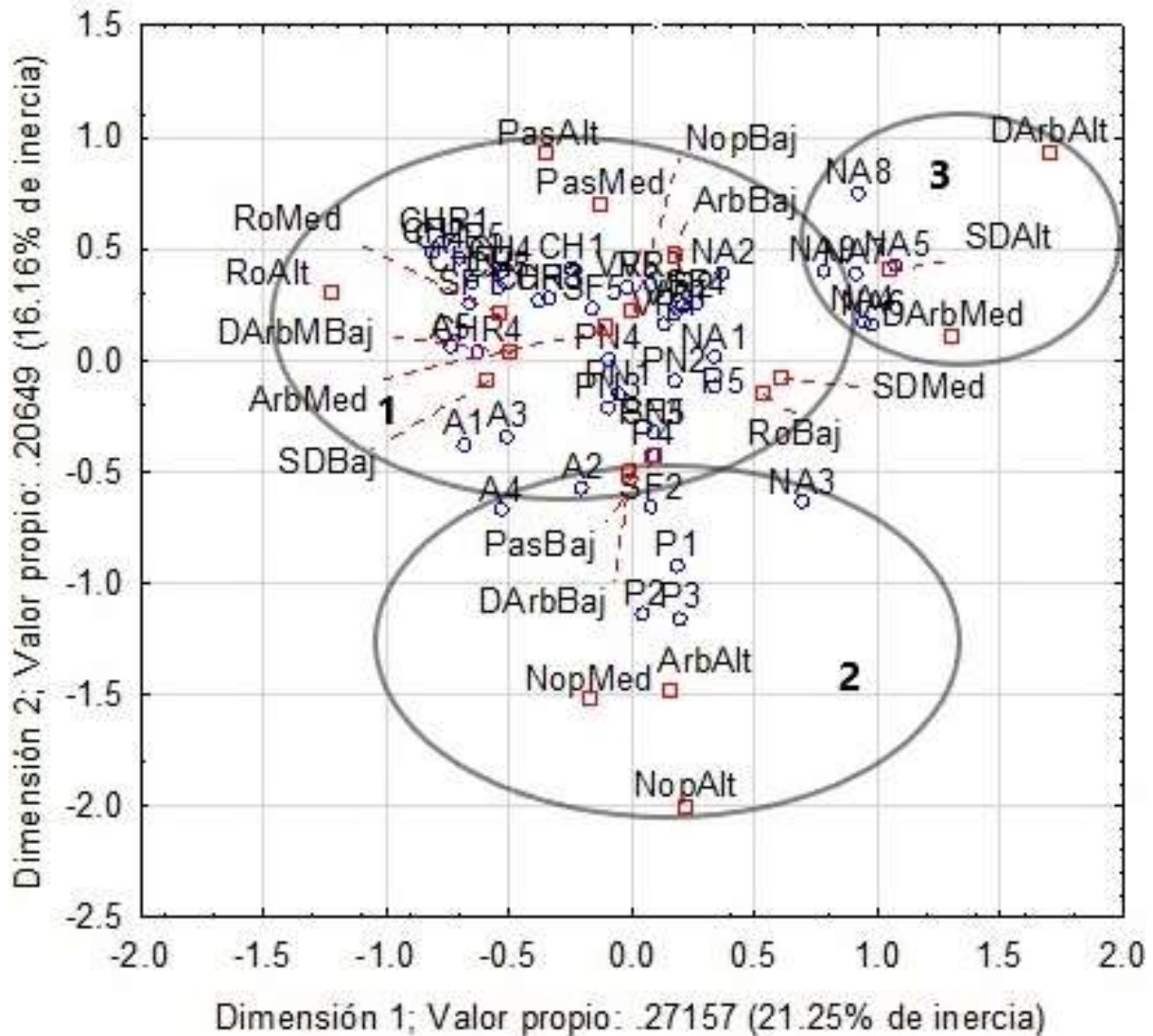


Figura 2. Representación dimensional del ACS para presencia de rata nopalera (*Neotoma leucodon*) y las variables categóricas del hábitat en el Altiplano Potosino-Zacatecano. ° Sitios con madrigueras y □ variables del hábitat; DArbMB= densidad arbustiva ha⁻¹ muy baja, DArbBaj= densidad arbustiva ha⁻¹ baja, DArbMed= densidad arbustiva ha⁻¹ media, DArbAlt= densidad arbustiva ha⁻¹ alta, ArbMed= cobertura arbustiva media, ArbBaj= cobertura arbustiva baja, ArbAlt= cobertura arbustiva alta, RoBaj= cobertura de roca baja, RoMed= cobertura de roca media, RoAlt= cobertura de roca alta, PasBaj= cobertura de gramíneas baja, PasMed= cobertura de gramíneas media, PasAlt= cobertura de gramíneas alta, NopBaj= densidad de nopal ha⁻¹ baja, NopMed= densidad de nopal ha⁻¹ media, SDBaj= cobertura de suelo desnudo bajo, SDMed= cobertura de suelo desnudo medio, SDAIt= cobertura de suelo desnudo alto.

El 71.4 % de los C-R mencionaron que existe una rata por madriguera y el resto mencionan que cuando las hembras están lactando este número se incrementa. Por ello, los C-R mencionan que, para mantener una abundancia adecuada a través del tiempo, es importante dejarlas que se reproduzcan, mantener la vegetación y establecer temporadas de caza (Figura 3).

Es importante mencionar que los C-R consideran que la caza de la rata nopalera no es un deporte, la hacen por necesidad y porque la consideran de uso medicinal. Los C-R mencionan que, aun cuando a la rata la pueden aprovechar durante todo el año, ellos las extraen cuando las encargan para algún enfermo o cuando desean consumirla.

En algunos sitios, la caza de la rata provoca daños a la vegetación, esto sucede cuando las ratas están muy escondidas y es necesario cavar profundo hasta encontrarlas. Sin embargo, los cazadores conscientes del impacto de esta actividad, cuando cortan las pencas del nopal para buscar y recolectar las ratas, se aseguran de cubrirlas con tierra, lo que consideran como una reforestación. Asimismo, en los recorridos de campo que se realizaron, la mayoría de las madrigueras se localizaron en magueyes secos en donde es más fácil obtenerlas. Por otra parte, los C-R no destruyen la madriguera por completo, ya que en ésta anidará otra rata; por ello, la mayoría de las veces cazan a las ratas en los ejidos de su localidad.

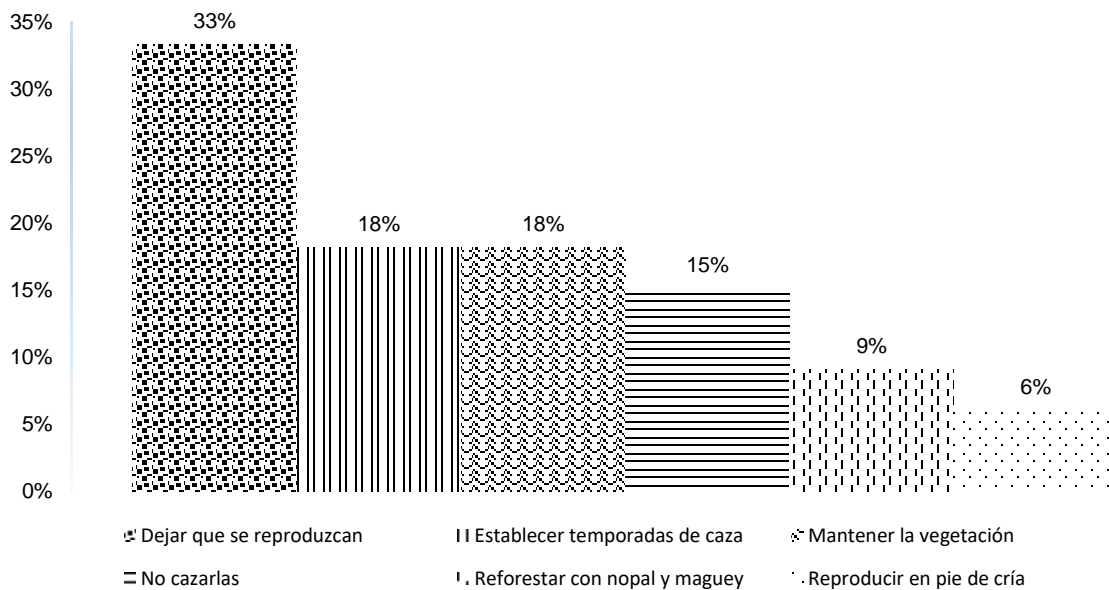


Figura 3. Aspectos que la población local considera importantes para conservar las poblaciones de rata nopalera (*Neotoma leucodon*) en el Altiplano Potosino-Zacatecano

DISCUSIÓN

La rata selecciona pendientes relativamente bajas (4 %) para la construcción de sus madrigueras, a diferencia de otras especies del mismo género, por ejemplo, *N. fuscipes* construye sus madrigueras en pendientes de hasta 35 % y a medida que aumenta, la probabilidad de encontrar una madriguera es de 15 % (Innes *et al.*, 2007), quizá porque la inclinación le permite un mejor drenaje. Sin embargo, se ha demostrado que las madrigueras que se encuentran en pendientes pronunciadas sufren mayor daño por clima y depredadores (Slowik, 2015).

La construcción de madrigueras en la base de sus principales fuentes de alimento (*Opuntia* spp. y *Agave* spp.) le garantiza una cercanía a su alimento y le evita encuentros antagónicos intraespecíficos (De Haro & Martínez-Gutiérrez, 2017); además, le brinda protección durante el forrajeo y el gasto energético por desplazamiento es menor (Atsatt & Ingram, 1983). Otra estrategia de sobrevivencia de esta especie es proteger la entrada de sus madrigueras, pues en ellas anidan, descansan, almacenan alimentos y sirven de refugio para otras especies de invertebrados (Innes *et al.*, 2007; Whitford & Steinberger, 2010). La protección de la entrada de la madriguera consiste en formar montículos de material vegetal seco, ramas de arbustos y cactus con espinas, lo que les permite mantener alejados a los depredadores, este comportamiento es característico también de *N. lepida* (Murray & Smith, 2012)). En otras ocasiones *N. magister*, *N. lepida* y *N. cinerea*, seleccionan afloramientos rocosos para construir sus madrigueras, pues le implica menos trabajo proteger su madriguera y le brinda diversas formas de escape (Lombardi *et al.*, 2017).

La densidad de arbustos y nopales, en el matorral desértico, resultaron un componente importante en el hábitat de la rata nopalera. El nopal es una fuente de alimento y agua para la rata nopalera, mientras que los arbustos le proporcionan material de construcción y una diversidad de alimento. En Arizona, *N. albigula* alcanzó sus poblaciones más altas en sitios donde los nopales abundan, aun cuando no hubo cobertura de arbustos e incluso en praderas abiertas (Eldridge *et al.*, 2009). A diferencia de *N. leucodon*, *N. albigula* no se asocia con nopales, pero sí con arbustos (Turkowski & Watkins, 1976) al igual que *N. fuscipes riparia*, la cual se correlaciona positivamente con la densidad de plantas, ya que construye sus madrigueras bajo la cubierta de matorrales (Schooley *et al.*, 2018). Por el contrario, en California se ha reportado que aun cuando la densidad de arbustos es un componente importante del microhábitat, esta no determina la ubicación de *N. fuscipes* (Innes *et al.*, 2007).

La cobertura de arbustos, gramíneas, roca y la presencia de suelo desnudo fueron componentes importantes en el hábitat de la rata nopalera. La cobertura de arbustos no sólo brinda protección contra la depredación, sino que mejora las condiciones de

humedad y temperatura para la supervivencia de la especie (Slowik, 2015). De manera similar, *N. cinerea* se relaciona con coberturas provenientes de coníferas y troncos sobre la superficie del suelo (Lehmkuhl *et al.*, 2006) a diferencia de otros estudios que mencionan que *Neotoma leucodon* no muestra una asociación con la cobertura de plantas (Markovchick-Nicholls *et al.*, 2008). Sin embargo, para determinar la preferencia de hábitat por la rata nopalera, es necesario incrementar el esfuerzo de muestreo, identificar las especies de arbustos y nopales, así como determinar su índice de valor de importancia. La cobertura de gramíneas es importante, pues ante una escasez de alimento, estas funcionan como sustituto alimenticio de la rata nopalera (Eldridge *et al.*, 2009). La cobertura de suelo desnudo, quizá no esté relacionada estrechamente con la presencia de rata nopalera en el hábitat; sin embargo, esta variable podría ser un indicador de las perturbaciones humanas como la ganadería y de los efectos erosivos provocados por el viento y la lluvia. Es muy probable que la asociación de la rata nopalera con la cobertura de gramíneas y arbustos, sea una estrategia para evitar encuentros antagónicos y competencia en su nicho.

Una reducción significativa de la rata nopalera se reportó en el centro norte de México, donde el aprovechamiento excesivo disminuyó sus poblaciones a tal grado que los pobladores locales la creyeron extinta (Martínez-Calderas *et al.*, 2015). Sin embargo, en el Altiplano Potosino-Zacatecano, la abundancia de la rata aún se desconoce y no se cuenta con información sobre el nivel de aprovechamiento por parte de la población local. Aunque a nivel internacional, *N. leucodon* y *N. mexicana* se encuentran en la categoría de preocupación menor, debido a su amplia distribución y su presunta gran población (IUCN, 2016a; 2016b), en México estas especies no están enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2001 (SEMARNAT, 2010).

Aun cuando la rata nopalera no se encuentra en ningún estatus de protección, para evitar su sobreexplotación, es necesario establecer planes de manejo para su aprovechamiento sustentable, establecer la temporada de aprovechamiento y estandarizar los métodos de caza. En referencia a las recomendaciones de los C-R para mantener a la rata nopalera, se debiera establecer un Sistema de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre y centros de reproducción y pie de cría con fines de reintroducción en hábitats como los reportados en el presente estudio.

CONCLUSIONES

El conocimiento local sobre las condiciones de hábitat de la rata nopalera y la investigación realizada en campo, demuestran que la presencia de nopales y arbustos (huizaches, gobernadora y rama blanca) son un componente clave en el hábitat de la rata nopalera, pues de estos depende su alimentación. Asimismo, el nopal le brinda el sustrato para la construcción de su madriguera y los arbustos el material, así como protección

contra depredadores y temperaturas altas. Aun cuando en esta investigación el maguey fue el principal sustrato donde la rata nopalera construyó sus madrigueras, éste no fue un componente importante según el ACP y el ACS.

Sin duda, el éxito de supervivencia de la rata nopalera se debe a su gama alimenticia, a su adaptabilidad a ecosistemas diversos y a la habilidad para construir sus madrigueras con los materiales disponibles en su hábitat. Los resultados de esta investigación y las consideraciones de los cazadores-recolectores, sugieren mantener la vegetación en el hábitat de la rata nopalera, así como elaborar planes de manejo para un aprovechamiento sustentable de la especie en el Altiplano Potosino-Zacatecano.

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados Campus San Luis Potosí, por el financiamiento para realizar la investigación, al CONACyT por otorgar los recursos financieros para la beca de maestría de la primera autora, al Biólogo Alfredo Esparza Orozco por su apoyo y a los cazadores-recolectores del Altiplano Potosino-Zacatecano por su apoyo en campo y por su colaboración en responder las encuestas.

LITERATURA CITADA

ATSATT PR, Ingram T. 1983. Adaptation to oak and other fibrous, phenolic-rich foliage by a small mammal, *Neotoma fuscipes*. *Oecologia*. 60:135–142. <https://doi.org/10.1007/BF00379333>

CEBALLOS G. 2010a. *Neotoma leucodon* (Rata magueyera). Distribución potencial. http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/neo_leucgw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no

CEBALLOS G. 2010b. *Neotoma mexicana* (Rata magueyera). Distribución potencial. http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/neo_mexigw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no

CRANFORD JA. 1977. Home range and habitat utilization by *Neotoma fuscipes* as determined by radiotelemetry. *Journal of Mammalogy*. ISSN:0022-2372. 58:165–172. <https://doi.org/10.2307/1379573>

DE HARO S, Martínez-Gutiérrez GP. 2017. Relación espacial entre nopales y madrigueras de rata magueyera *Neotoma leucodon* en Mapimí, México. *Galemys, Spanish Journal of Mammalogy*. 29:1–6. <https://doi.org/10.7325/84>

EDWARDS CW, Bradley RD. 2002. Molecular systematics and historical phylogeography of the *Neotoma mexicana* species group. *Journal of Mammalogy*. 83:20–30. ISSN: 0022-2372. [https://doi.org/10.1644/1545-1542\(2002\)083<0020:MSAHPO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1644/1545-1542(2002)083<0020:MSAHPO>2.0.CO;2)

EDWARDS CW, Fulhorst CF, Bradley RD. 2001. Molecular phylogenetic of the *Neotoma albigula* species group: further evidence of a paraphyletic assemblage. *Journal of Mammalogy*. 82:267–279. ISSN: 0022-2372. [https://doi.org/10.1644/1545-1542\(2001\)082<0267:MPOTNA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1644/1545-1542(2001)082<0267:MPOTNA>2.0.CO;2)

ELDRIDGE DJ, Whitford WG, Duval BD. 2009. Animal disturbances promote shrub maintenance in a desertified grassland. *Journal of Ecology*. 97:1302–1310. ISSN: 1365-2745. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2009.01558.x>

GIMÉNEZ AJ, González CO. 2011. Pisos de vegetación de la Sierra de Catorce y territorios circundantes (San Luis Potosí, México). *Acta Botánica Mexicana*. 94: 91–123. ISSN: 0187-7151. <http://www.scielo.org.mx/pdf/abm/n94/n94a4.pdf>

HALL ER. 1982. The mammals of North America. 2nd ed. John Wiley and Sons, New York. *Journal of Mammalogy*. 63: 718–719. <https://doi.org/10.2307/1380296>

HORNSBY BS, Ruiz AM, Castleberry SB, Castleberry NL, Ford WM, Wood PB. 2005. Fall movements of allegheny woodrats in harvested and Intact stands in West Virginia. *Northern Journal of Applied Forestry*. 22:281–284. ISSN:0742-6348 <https://doi.org/10.1093/njaf/22.4.281>

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). (2021). Mapas de climatología. <https://www.inegi.org.mx/temas/climatologia/>

INNES RJ, Vuren V, Dirk H, Kelt DA, Johnson ML, Wilson JA, Stine PA. 2007. Habitat associations of dusky-footed woodrats (*Neotoma fuscipes*) in Mixed-Conifer Forest of the Northern Sierra Nevada. *Journal of Mammalogy*. 88:1523–1531. ISSN: 0022-2372. <https://doi.org/10.1644/07-MAMM-A-002R.1>

INNES RJ, Vuren V, Dirk H, Kelt DA, Wilson JA, Johnson ML. 2009. Spatial organization of dusky-footed woodrats (*Neotoma fuscipes*). *Journal of Mammalogy*. 90: 811–818. ISSN: 0022-2372. <https://doi.org/10.1644/08-MAMM-A-126.1>

IUCN Red List of Threatened Species (International Union to Conservation of Nature). 2016a. *Neotoma leucodon*: Timm R, Álvarez-Castañeda ST, Lacher T. 2016. The IUCN Red List of Threatened Species. International Union for Conservation of Nature. <http://www.iucnredlist.org/details/136793/0>

IUCN Red List of Threatened Species (International Union to Conservation of Nature). 2016b. *Neotoma mexicana*: Linzey AV, Matson J, Pérez S. 2016. The IUCN Red List of Threatened Species. International Union for Conservation of Nature. <http://www.iucnredlist.org/details/14590/0>

LEDESMA R, Valero-Mora P, Young FW. 2002. Análisis de Homogeneidad en ViSta "The Visual Statistics System". *Metodología de las Ciencias del Comportamiento*. 4(1): 139–149. https://www.researchgate.net/profile/Ruben-Ledesma-2/publication/313758246_Analisis_de_Homogeneidad_en_ViSta_The_Visual_Statistics_System/links/58a4f93fa6fdcc0e07647da9/Analisis-de-Homogeneidad-en-ViSta-The-Visual-Statistics-System.pdf.

LEDESMA R. 2008. Software de análisis de correspondencias múltiples: una revisión comparativa. *Metodología de Encuestas*. 10:59-75. ISSN: 1575-7803. <http://casus.usal.es/pkp/index.php/MdE/article/view/987>

LEHMKUHL JF, Kistler KD, Begley JS. 2006. Bushy-tailed woodrat abundance in dry forests of eastern Washington. *Journal of Mammalogy*. 87: 371–379. ISSN:0022-2372. <https://doi.org/10.1644/05-MAMM-A-053R1.1>

LOMBARDI JV, Mengak MT, Castleberry SB, Terrell VK. 2017. Mammal occurrence in rock outcrops in Shenandoah National Park: Ecological and anthropogenic factors influencing trap success and co-occurrence. *Natural Areas Journal*. 37:507–514. ISSN: 0885-8608. <https://doi.org/10.3375/043.037.0407>

MARKOVCHICK-NICHOLLS L, Regan HM, Deutschman DH, Widyanata A, Martin B, Noreke L, Ann HT. 2008. Relationships between human disturbance and wildlife land use in urban habitat fragments. *Conservation Biology*. 22: 99–109. ISSN:1523-1739. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2007.00846.x>

MÁRQUEZ-OLIVAS M. 2002. Características reproductivas de la rata magueyera (*Neotoma albigula*) en cautiverio. *Acta Zoológica Mexicana*. 86:139–144. ISSN: 0065-1737. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372002000200008.

MARTÍNEZ-CALDERAS JM, Palacio-Núñez J, Clemente-Sánchez F, Martínez-Montoya JF, Sánchez-Rojas G, Olmos-Oropeza G. 2015. Distribución potencial de la rata magueyera (*Neotoma leucodon* Merriam 1984) y densidad de madrigueras en el sur del desierto chihuahuense. *Therya*. 6(2):421–434. ISSN:2007-3364. <https://doi.org/10.12933/therya-15-223>

MURRAY IW, Smith FA. (2012). Estimating the influence of the thermal environment on activity patterns of the desert woodrat (*Neotoma lepida*) using temperature chronologies. *Canadian Journal of Zoology*. 90(9):1171-1180. ISSN: 0008-4301. <https://doi.org/10.1139/z2012-084>

NATHAN N, Muller-Landau N. 2000. Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. *Trends in Ecology & Evolution*. 15:278–285. ISSN: 0169-5347. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(00\)01874-7](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)01874-7)

R CORE TEAM. 2013. Methodology Reference. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/oxygen-consuming-substances-in-rivers/r-development-core-team-2006>

RIOJAS-LÓPEZ ME. 2012. Response of rodent assemblages to change in habitat heterogeneity in fruit-oriented nopal orchards in the Central High Plateau of Mexico. *Journal of Arid Environments*. 85:27–32. ISSN: 0140-1963 <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2012.04.004>

SCHOOLEY RL, Bestelmeyer BT, Campanella A. 2018. Shrub encroachment, productivity pulses, and core-transient dynamics of Chihuahuan Desert rodents. *Ecosphere*. 9(7):1-18. ISSN: 2150-8925. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2330>

SCHUPP EW, Jordano P, Gómez JM. 2010. Seed dispersal effectiveness revisited: a conceptual review. *New Phytologist*. 188:333–353. ISSN:1469-8137. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03402.x>

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 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. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2010. <https://www.gob.mx/profepa/documentos/norma-oficial-mexicana-nom-059-semarnat-2010>

SLOWIK TJ. 2015. Microhabitat and house use by dusky-footed woodrats (*Neotoma fuscipes*) in Northwestern California: Insight from trapping data. *Western North American Naturalist*. 75:380–384. ISSN: 1527-0904. <https://doi.org/10.3398/064.075.0317>

SOLIS DM, Gutiérrez RJ. 1990. Summer habitat ecology of northern spotted owls in Northwestern California. *The Condor*. 92:739–748. ISSN: 0010-5422. <https://doi.org/10.2307/1368693>

SORENSEN JS, McLister JD, Dearing MD. (2005). Novel plant secondary metabolites impact dietary specialists more than generalists (*Neotoma spp*). *Ecology*. 86(1):140-154. ISSN:1939-9170. <https://doi.org/10.1890/03-0669>

TURKOWSKI FJ, Watkins RK. 1976. White-throated woodrat (*Neotoma albigula*) habitat relations in modified pinyon-juniper woodland of southwestern New Mexico. *Journal of Mammalogy*. 57:586–591. ISSN:1545-1542. <https://doi.org/10.2307/1379311>

VILLANUEVA-HERNÁNDEZ AL, Delgado-Zamora DA, Heynes-Silerio SA, Ruacho-González L, López-González C. 2017. Habitat selection by rodents at the transition between the Sierra Madre Occidental and the Mexican Plateau, México. *Journal of Mammalogy*. 98:293–301. ISSN: 0022-2372. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyw173>

WHITFORD WG, Steinberger Y. 2010. Pack rats (*Neotoma spp.*): Keystone ecological engineers? *Journal of Arid Environments*. 74:1450–1455. ISSN:0140-1963. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2010.05.025>