



Monitoreo del zacatuche (*Romerolagus diazi*) en el Área de Protección de Flora y Fauna Corredor Biológico Chichinautzin

NOMENCLATURA TAXONÓMICA

FAMILIA Leporidae

GÉNERO *Romerolagus*

EPÍTETO ESPECÍFICO *diazi*

NOMBRE CIENTÍFICO *Romerolagus diazi*

NOMBRE COMÚN Zacatuche, teporingo, tepolito

ESTATUS NOM-059-SEMARNAT-2010

En Peligro de Extinción

ESTATUS LISTA ROJA UICN: En Peligro

BIOLOGÍA

Descripción de la especie: Es un lepórido de talla pequeña, el conejo más pequeño de México. Se caracteriza por sus orejas cortas y redondas, piernas cortas en relación con su cuerpo y una característica muy particular, a diferencia de los demás conejos, su cola es tan pequeña que casi no es visible a simple vista (Figura 1). Su pelaje es de color café oscuro homogéneo con la parte ventral un poco más clara (IBUNAM 2003).

Medidas morfométricas: Su tamaño es relativamente pequeño en relación a otros miembros de la Familia Leporidae. La longitud promedio es de 268 mm (intervalo entre 234 – 292 mm) para los machos y 285 mm (intervalo entre 240 – 321 mm) para las hembras. El peso promedio de los machos es de 417 g. (intervalo de 386 – 479) y 535 g (intervalo de 462– 602 g) para las hembras.



Figura 1. Zacatuche (*Romerolagus diazi*) en el Corredor Biológico Chichinautzin.

Reproducción: Se reproducen durante todo el año, aunque los machos son sexualmente más activos en verano. La gestación dura 38-40 días y las camadas constan de una a tres crías. Los nidos son normalmente cavidades someras y pequeñas sobre la superficie del suelo, cavadas por las hembras en la base de las gramíneas amacolladas (renuevos de pastos) por lo que son difíciles de encontrar.

Desarrollo: Los gazapos (crías de zacatuche) nacen con los ojos cerrados, no se mueven ni alimentan por si solos hasta las dos o tres semanas (Mejía y Contreras-MacBeath 2004), posteriormente comienzan a comer sólidos y a salir del nido.

Alimentación: Su dieta incluye grandes cantidades de partes vegetativas y reproductivas de pastos (zacate principalmente), hierbas, arbustos (Figura 2) y árboles con lo cual regulan sus poblaciones tanto en el aspecto florístico como en el estructural y contribuyen a la dispersión de las plantas al transportar sus semillas (Cervantes y González 1996). Los pastos identificados como alimento son *Festuca amplissima*, *F. rosei*, *Muhlenbergia macroura* y *Stipa ichu*. Seleccionan las hojas jóvenes que son suaves y verdes y que poseen poco sílice y oxalatos (Velázquez *et al* 1996). También se ha observado que practica la coprofagia.

ECOLOGÍA

Distribución: Es uno de los mamíferos con hábitat más reducido en México. Solo se encuentra en la parte central del Eje Neovolcánico Transversal. Las poblaciones están distribuidas en pequeños parches en el sur de la cuenca de México. Actualmente se han identificado 16 áreas potenciales de distribución, cuatro zonas núcleo (en los volcanes Pelado, Tlalóc, Iztaccíhuatl y Popocatepetl) y 12 zonas periféricas ubicadas en los márgenes de los dos primeros volcanes (Figura 3). Se estima una población total de entre 2, 500 y 12, 120 individuos (AMCELA *et al* 2008).



Foto: Archivo CONANP

Figura 2. Gramíneas, alimento y refugio de esta especie.

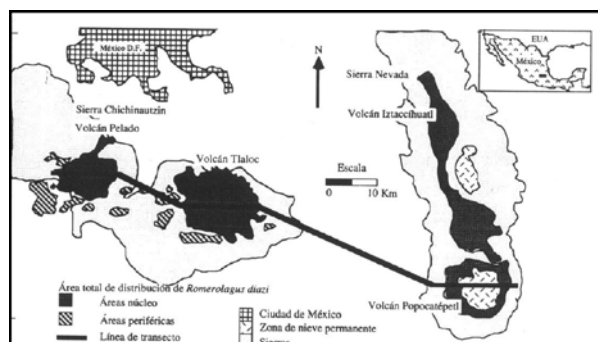


Figura 3. Áreas de distribución actual de *R. diazi*.

Hábitat: Se distribuye entre los 2, 800 y 4, 250 metros sobre el nivel del mar. *R. diazi* es altamente especializado en su hábitat, vive en bosques subalpinos con una alta densidad de zacatonales (Figura 4) (Velazquez *et al* 1993).

Comportamiento: Viven en grupos de dos a cinco individuos. Pueden estar activos a cualquier hora del día o la noche, aunque tiene picos de actividad al amanecer y en el crepúsculo. Sus madrigueras pueden tener hasta cinco metros de longitud y una profundidad

de hasta 40 cm, las entradas de las madrigueras se encuentran en la base del zacatonal. Los nidos son contruidos solamente de abril a septiembre. Se han identificado hasta cinco diferentes sonidos con los cuales se comunican entre ellos.

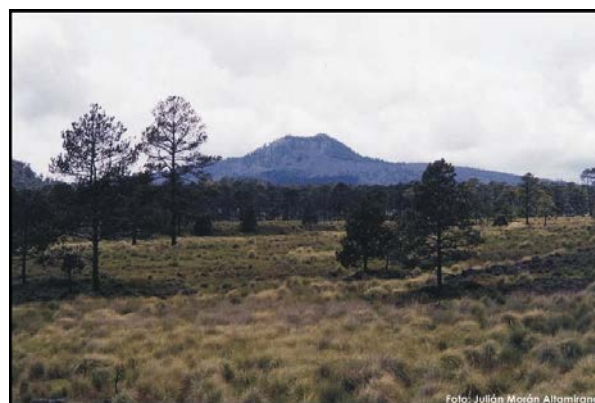


Foto: Julián Morán Altamirano

Figura 4. Volcán Chichinautzin y zacatonales, hábitat típico del zacatuche.

Amenazas: Los lagomorfos constituyen la base de las redes alimentarias de los ecosistemas mexicanos, ya que junto con los roedores representan el alimento de la mayor parte de depredadores como serpientes, aves rapaces (diurnas y nocturnas) y mamíferos como prociénidos, mustélidos, cánidos y félidos (Cervantes y González 1996). Su hábitat ha sufrido un intenso proceso de fragmentación debido a diversas actividades humanas como tala clandestina, incendios, sobrepastoreo, monocultivos y sobre todo su cercanía con la Ciudad de México, lo que provoca una mayor fragmentación y amenazas para este lepórido (Mejía y Contreras-MacBeath 2004).

MONITOREO

Debido a la rápida destrucción de su hábitat, resultado de las actividades humanas es que se planteó el monitoreo de *R. diazi*, una de las especies más representativas y emblemáticas del Eje Neovolcánico Transversal. Se estableció como objetivo principal determinar su densidad y abundancia relativa en hábitat perturbados (zonas agrícolas) y hábitat relativamente conservados; además de determinar la distribución de nuevas poblaciones y generar modelos de conectividad como una estrategia para la conservación de la especie.

Metodología: El Área de Protección de Flora y Fauna Corredor Biológico Chichinautzin (APFF COBIO) es considerada un reservorio para un gran número de especies que busca mantener los procesos ecológicos y evolutivos de su biota. Se localiza en la zona noroeste del Estado de Morelos abarcando los municipios de Cuernavaca, Huitzilac, Jiutepec, Tepoztlán, Tlalnepantla, Totolapan, Tlayacapan, Atlatlahucan y Yautepec, las delegaciones de Milpa Alta y Tlalpan al sur del Distrito Federal y el municipio de Ocuilán de Arteaga en el Estado de México (Figura 5). Su superficie de 65, 721.57 ha, resultado de la suma de las 37, 873.81 del APFF COBIO, las 4, 561.75 del Parque Nacional Lagunas de Zempoala y las 23,286.51 ha del Parque Nacional El Tepozteco (APFF COBIO 2011). El clima es semifrío C(w2)(w)(b') con una temperatura media anual entre los 5 y 12 °C, presenta una marcada temporada húmeda con precipitaciones medias anuales de 1, 200 mm, que inicia a mediados de mayo y termina a mediados de octubre y una temporada seca el resto del año.

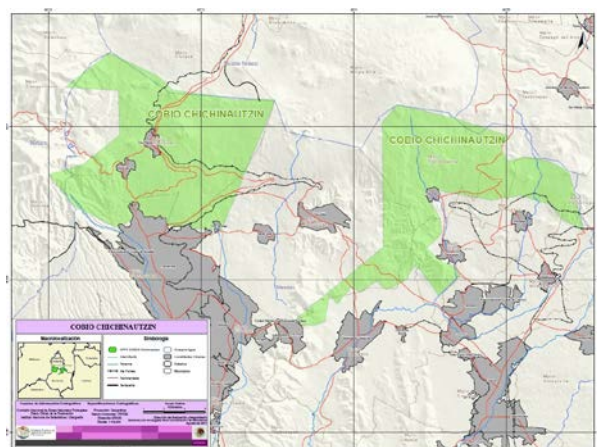


Figura 5. Ubicación del Área de Protección de Flora y Fauna Corredor Biológico Chichinautzin.

En esta zona se pueden apreciar distintas asociaciones vegetales, entre las que destacan el bosque de pino, localizado entre los 2, 800 y 3, 500 msnm y cuyas principales especies son *Pinus montezumae*, *P. hartwegii*, *P. pseudostrobus*, *P. teocote*; bosque de pino-encino localizado a una altitud entre los 1, 600 y 2, 800 msnm formada por un estrato arbóreo con una altura promedio de 20 m representada principalmente

por especies de *Pinus* y *Quercus*. Ambos bosque se encuentran asociados con zacatonales de las especies *Festuca amplissima*, *F. rosei*, *Muhlenbergia macroura* y *Jarava ichu*, también se encuentran áreas de cultivo principalmente de avena (*Avena sativa*) y áreas donde practican quemadas controladas. Se seleccionaron dos áreas en las que se han reportado la presencia de organismos (Guerrero y Rizo-Aguilar 2006). De acuerdo a sus características se definieron como: área perturbada, zona con hábitat fragmentado debido principalmente al pastoreo y al cultivo de avena, presenta una cobertura de zacatonal menor a 70% y cercana a los caminos de tránsito de las comunidades establecidas dentro del ANP y área conservada; zona con menor fragmentación, densa cobertura de zacatonal, sin zonas de cultivo y escaso pastoreo.

Densidad poblacional por avistamientos directos. Para estimar la densidad de la especie se utilizó el método de trayecto en línea. Dentro del área de estudio se seleccionaron ocho transectos con una longitud de 1, 000 m cada uno. Los recorridos se realizaron a pie por dos personas entre las 08:00 y las 10:00 am. Durante los recorridos se registraron todos los individuos localizados sobre la línea y a ambos lados de esta. Se midió la distancia perpendicular al transecto de cada avistamiento con ayuda de un distanciómetro. La densidad poblacional (D) se estimó usando la longitud de los transectos, los registros visuales y a las distancias perpendiculares a los sitios de avistamiento con ayuda del programa *Distance 5*.

Abundancia relativa y densidad poblacional por conteo de excretas. Para estimar estos atributos se utilizó el método de conteo de excretas (Fa *et al* 1992, Velásquez 1994). En cada uno de los transectos se establecieron, a intervalos de 50 m, cinco líneas perpendiculares de 50 m de longitud en las que se distribuyeron áreas de 1 m² separadas cada 10 m, teniendo un total de 25 puntos por cada transecto (Figura 6). En total fueron ubicados 200 puntos divididos entre ocho transectos (cuatro del área perturbada y cuatro del área conservada). En cada uno



de estos puntos se recogieron mensualmente todas las excretas (Figura 7).



Figura 6. Establecimiento de una línea perpendicular a un transecto para el conteo de excretas.



Figura 7. Conteo de excretas para estimar abundancia y densidad relativa en uno de los 25 puntos de conteo por transecto.

Para estimar la densidad absoluta con los datos obtenidos del conteo se utilizó el método descrito por Aranda (2000), en donde la densidad absoluta, que es el número de animales por kilómetro cuadrado se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Animales / km}^2 = n / A \times B$$

Donde **n** es el número de excretas acumuladas en cada sito extrapolado a km^2 , **A** es la tasa de defecación diaria y **B** es el número de días de acumulación.

Estructura de edades. Para estimarla se utilizó el método propuesto por Rangel-Cordero (1996), donde se compararon excretas provenientes de especímenes juveniles y adultos del Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl Zoquiapan. Con base en su tamaño, se concluyó que las excretas menores a 5 mm de ancho correspondían a individuos juveniles y las mayores de 5 mm a individuos adultos. Todas las excretas colectadas

fueron medidas y clasificadas por categorías de edad. De esta forma se obtuvo la proporción mensual de excretas de individuos juveniles y adultos como una medida indirecta de la estructura de edades de la población (Figura 8).



Figura 8. Medición y clasificación de las excretas colectadas.

Análisis estadístico. Para analizar los cambios en la abundancia relativa en los periodos de muestreo y en ambas condiciones se utilizó un análisis de varianza (ANDEVA) de medidas repetidas, con un factor fijo (meses), con un factor anidado (condición: Perturbado y Conservado). Como variables de respuesta se consideraron el número total de excretas colectadas en cada transecto y el número promedio de excretas por metro cuadrado (excretas/m^2). Para cumplir con los supuestos de normalidad, ambas variables se transformaron a logaritmos base 10. Para evaluar los cambios en la proporción de edades de la población se utilizó una prueba de *t*. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa *Statistica 6*.

Caracterización del hábitat, distribución y abundancia de nuevas poblaciones. Se seleccionaron 33 cuadrantes de 25 m x 25 m con zacatonal disponible. Los sitios se ubicaron a una distancia de al menos 500 m lineales. En cada uno de estos sitios se buscaron exhaustivamente y se contaron el número de letrinas recientes. Considerando una letrina a la acumulación de por lo menos 30 excretas en un sitio de 50 x 50 cm. El número de letrinas se utilizó como indicador de la abundancia relativa en cada sitio. Para caracterizar el hábitat en cada cuadrante se midieron siete atributos de la vegetación: altura de los árboles, cobertura de los

árboles, diámetro a la altura del pecho (DAP), cobertura y altura de arbustos y cobertura y altura de zacatonal. La altura de los árboles se obtuvo con un clinómetro y la estimación de la altura de los arbustos con una varilla telescópica. Para calcular la cobertura de los árboles y arbustos se tomó el diámetro de la copa de todos los individuos presentes en el cuadrante. Con este diámetro se obtuvo un área circular de cobertura para cada individuo para finalmente sumar las coberturas individuales. La altura del zacatonal se obtuvo midiendo 10 individuos, de las dos especies más abundantes en cada cuadrante, mientras que el porcentaje de cobertura se estimó de manera visual (Figura 9). En estos mismos cuadrantes se llevaron a cabo conteos de letrinas con la finalidad de determinar su distribución en relación a los diferentes tipos de hábitat presentes en el APFF COBIO.



Figura 9. Medición de la vegetación para la caracterización del hábitat potencia del zacatuche.

*Análisis de la estructura del hábitat y su relación con la abundancia de *R. diazi*.* Se realizó un análisis de componentes principales para evaluar la interrelación entre las variables del hábitat. Se seleccionaron los dos primeros componentes principales y sobre ese espacio se graficaron las coordenadas correspondientes a los 33 sitios caracterizados. Dichos sitios fueron identificados con una categoría de abundancia relativa: 0 letrinas=1; 1-25 letrinas=2; 26-50 letrinas=3. Con esto, de manera exploratoria se analizó si las distintas categorías de abundancia relativa se agrupan en este espacio de los componentes principales, lo que indicaría una asociación con las variables del hábitat. Además, para explicar el grado de dependencia de la

abundancia relativa con las variables del hábitat, se construyó un Modelo de regresión múltiple. Estos análisis se realizaron con el programa *Statística 6*.

Simulación de la dispersión de zacatuches en un paisaje del ANP. Una de las amenazas para la conservación de la especie es el aislamiento de sus poblaciones debido a la fragmentación de su hábitat. Ante esta situación es necesario identificar sitios potenciales a través de los cuales los organismos juveniles durante su proceso de dispersión tengan capacidad de cruzar y mantener la conectividad entre las poblaciones aisladas. Para determinar las posibles rutas de dispersión e identificar sitios clave para conservar y mantener su conectividad, se realizó un ejercicio de simulación de movimientos de zacatuches con base en un modelo de movimientos basados en individuos (MMBI). Estos modelos de movimiento requieren de tres elementos básicos: 1) entorno geográfico sobre el cuál la especie virtual deberá moverse; 2) reglas de movimiento específicas para determinar la dirección y la permeabilidad del paisaje y 3) un entorno de simulación. El entorno geográfico para la realización del modelo se obtuvo de la fotointerpretación de una imagen de satélite SPOT del área de estudio. En la imagen se identificaron las áreas de pastizales naturales, áreas de pastizales naturales que se combinan con pinos, áreas de bosque de oyamel, así como los cultivos, principalmente de avena. A partir de la fotointerpretación, se generó un GRID del área de estudio con un tamaño de pixel de 25 x 25m, sobre el cuál se realizó la simulación (Figura 10). Las reglas de movimiento se determinaron con base en información existente sobre otras especies de lagomorfos similares (*Brachylagus idahoensis*). Muchos aspectos de dispersión de *R. diazi*, tales como distancias promedio y máximas recorridas aún no se conocen, por lo que se determinó que las distancias máximas de dispersión dentro de la simulación fueran de 1 km lineal. Esto no implica que los lagomorfos recorrieran solo 1 km durante su dispersión, sino que la distancia máxima a partir del origen se ubicó en este rango. Dentro del paisaje virtual se establecieron tres

zonas de inicio de movimientos a partir de los cuales los zacatuches iniciaron su dispersión. El pixel de inicio no fue siempre el mismo ya que fue seleccionado al azar dentro de un polígono de 500 x 500m. Para cada sitio de inicio se llevaron a cabo 10 simulaciones independientes en las cuales en cada simulación se programaron 1, 000 individuos dispersándose. La variable de respuesta observada fue el número de veces que los 1, 000 individuos pasaron sobre un pixel específico del entorno de simulación. La determinación del mapa final de dispersión se obtuvo a partir de promediar el resultado de cada pixel del entorno de simulación de las 10 simulaciones.

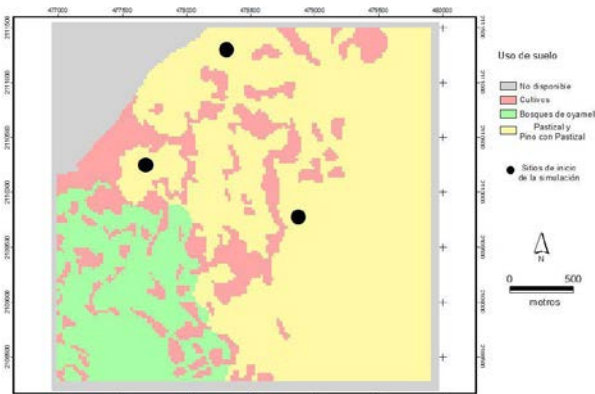


Figura 10. Entorno geográfico de simulación de dispersión y localización de los sitios de inicio de la dispersión simulada en el APFF COBIO.

Con base en el conocimiento del uso de hábitat del zacatuche, se determinó que la permeabilidad del entorno geográfico era de 100% para pastizales naturales y pastizales naturales en combinación con pinos, 25% para los bosques de oyamel y 5% para los cultivos de avena. Se determinó que en aquellos casos en los que los zacatuches se encontraban dentro de una matriz del mismo hábitat, los movimientos a realizar serían al azar, pero para evitar el movimiento en círculos, se estableció un valor de autocorrelación de movimientos.

Resultados: El trabajo de campo se realizó de julio a noviembre de 2011 en diferentes puntos del ANP. *Densidad poblacional por avistamientos directos.* Se recorrieron un total de 24 km en los que solo se registraron dos individuos de *R. diazi* (Figura 11). Cabe señalar que también se registraron ocho individuos del

genero *Sylvilagus*. El método para determinar la densidad poblacional por medio de avistamientos fue descartado debido al bajo número de individuos observados.



Foto: Archivo CONANP

Figura 11. Ejemplar de *R. diazi*. Uno de los pocos ejemplares registrados visualmente.

Abundancia relativa y densidad poblacional por conteo de excretas. En los cinco meses de muestreo se colectaron 18, 486 excretas de zacatuche en los 200 puntos establecidos. Estas fueron clasificadas para cada uno de los meses, en sitios perturbados y conservados y por estructura de edades (juveniles y adultos) (Cuadro 1). Se colectaron más excretas en la zona conservada, tanto para organismos adultos como juveniles.

Cuadro 1. Número de excretas de organismos juveniles y adultos colectadas durante los muestreos mensuales.

Mes	Área perturbada		Área conservada	
	Adulto	Juvenil	Adulto	Juvenil
Julio	190	1, 412	446	2, 311
Agosto	281	2, 173	892	1, 988
Septiembre	258	1, 380	608	936
Octubre	228	1, 010	711	1, 485
Noviembre	203	630	489	1, 344
Total	1, 160	6, 605	2, 657	8, 064

Los resultados de los análisis de varianza para los adultos indicaron que el promedio mensual del número de excretas/m² no tuvo diferencias significativas durante los meses de muestreo ($F= 2.65$, g. l.=4, $P=0.55$), ni entre sitios conservados y perturbados ($F= 0.265$, g. l.=1, $P=0.61$). En los sitios perturbados se observó un incremento en el promedio de excretas/m² de julio hacia agosto, seguido de un decremento

constante hasta noviembre. Para los sitios conservados se observó el mayor promedio de excretas/m² en julio, este valor disminuyó ligeramente en agosto, presentó una alta disminución en septiembre, seguido de un aumento en octubre. En el caso de los juveniles, los análisis mostraron diferencias significativas entre los sitios conservados y perturbados ($F= 5.36$, g. l.=1, $P=0.025$), mientras que entre meses no existieron diferencias significativas ($F= 1.07$, g. l.=4, $P=0.41$). Se observó una pequeña diferencia en el promedio de excretas/m² entre sitios conservados y perturbados durante todos los meses. En los sitios perturbados los promedios de excretas/m² fueron similares en todos los meses. Por otra parte, en los sitios conservados se observó un aumento en julio y hasta agosto, en septiembre hubo una disminución mientras que en octubre se presentó un leve aumento seguido de un pequeño decremento en noviembre.

Densidad poblacional estimada por el método de conteo de excretas. Se estimó una densidad poblacional mensual para cada uno de los sitios (perturbados y conservados). En julio se registró una mayor densidad en el sitio C3 con 160 ind/km², mientras que P3 fue el sitio con una menor densidad con 17.52 ind/km². En agosto el sitio con mayor densidad fue P2 con 247.3 ind/km² y el sitio con menor densidad fue P3 con 10 ind/km². En septiembre el sitio P2 presentó una mayor densidad (99.7 ind/km²) y P4 tuvo una menor densidad (7.5 ind/km²). En octubre, P2 tuvo una densidad más alta con 85.2 ind/km², mientras que el sitio que presentó una densidad más baja fue P4 con 4.84 ind/km². En noviembre el sitio C4 tuvo una densidad de 60.8 ind/km² siendo este sitio el de mayor densidad, mientras que el sitio de menor densidad fue P3 con 4.3 ind/km² (Figura 12).

Caracterización del hábitat, distribución y abundancia de nuevas poblaciones. Para caracterizar el hábitat de la especie se identificaron sitios con presencia de zacatonal donde se establecieron cuadrantes de 25 x 25, cubriendo un área de 625 m² por cuadrante. La vegetación se categorizó en pastos, arbustos y árboles, se midieron siete atributos de la vegetación; cobertura,

altura y diámetro a la altura del pecho para los árboles; cobertura y altura de los arbustos y cobertura y altura del zacatonal.

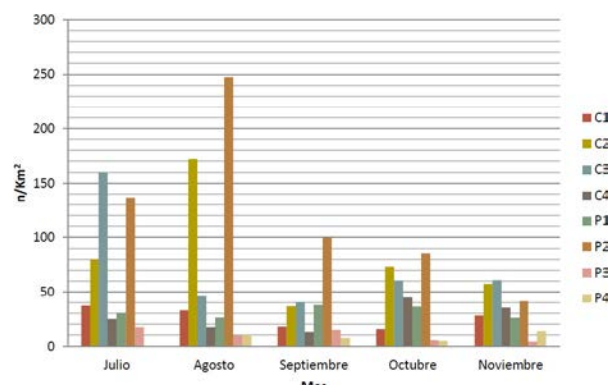


Figura 12. Densidad poblacional mensual de *R. diazi* en el APFF COBIO.

Los pastos se clasificaron en tres tipos, en el tipo 1 se incluyó al género *Muhlebergia*, el tipo 2 fueron aquellos pastos distintos del género *Muhlebergia* con altura superior 1 m y el pasto tipo 3 incluyó pastos con altura inferior a 70 cm. En cada cuadrante se estimó la cobertura de los tres pastos, las cuales variaron desde el 1% para el pasto tipo 3 hasta el 90% para el tipo 1. Los arbustos se clasificaron de acuerdo al tamaño de sus hojas, dado que las características de las hojas brindan distintos tipos de coberturas. La cobertura de este estrato fue desde su ausencia hasta el 52.6% del cuadrante y su altura promedio por cuadrante está entre 0.97 a 4.11 m de altura. Los árboles se identificaron a nivel género, encontrándose en los tres cuadrantes principalmente, *Pinus sp*, *Alnus sp* y *Quercus sp*. Hubo cuadrantes sin presencia de árboles y algunos cuadrantes con coberturas desde 5.2 m² a 1, 022.6 m² y alturas promedio de 2 hasta 32.2m. En total se caracterizaron 33 cuadrantes dentro del APFF COBIO (Figura 13). En estos, 17 presentaron letrinas de zacatuche. Se contabilizaron un total de 369 letrinas, desde cuadrantes con una sola letrina hasta cuadrantes con 54 letrinas. En 16 cuadrantes no se registraron letrinas, sin embargo en algunos aparecieron excretas aisladas, además de la presencia de letrinas de otros conejos pertenecientes al género *Sylvilagus*.



Figura 13. Ubicación de los cuadrantes para la caracterización del hábitat e identificación de nuevas poblaciones de *R. diazi* en el ANP.

El análisis de componentes principales mostró que el Componente Principal 1 explica el 27.2% de la variación y tiene asociadas las variables cobertura de pasto 1 y altura de pasto 1 de manera positiva, mientras que las variables cobertura de pasto 3 y altura de pasto se le asocian de manera negativa. El Componente Principal 2 explica el 22.8% de la variación y tienen asociadas de manera positiva las variables de cobertura de pasto 2, altura de pasto 2 y cobertura de árboles, mientras de manera negativa se le asocian las variables altura y cobertura de arbusto. Al graficar las coordenadas de los 33 sitios muestreados, codificados como categorías de abundancia relativa (1 baja, 2 media, 3 alta), en este espacio de los dos componentes principales (Figura 14) se puede observar que los sitios no aparecen ordenados, si no que las 3 categorías se mezclan en todo el espacio, aunque se observa una tendencia de que los sitios categorizados como 3, aparecen del lado positivo del componente principal 1 y hacia el lado negativo del componente principal 2. Esto sugiere, de manera poco robusta, que los sitios de alta abundancia de zacatuches se caracterizan por una densa cobertura de pastos tipo 1 (*Muhlebergia sp.*) y poca cobertura de arbustos. El análisis de regresión múltiple resultó no significativo ($P=0.346$), corroborando lo anterior, al concluir que solo el 27% de la varianza en la abundancia ($R^2=0.2783$) se explica por las variables del hábitat cuantificadas y que ninguna de ellas es significativa para explicar los niveles de abundancia relativa de los zacatuches.

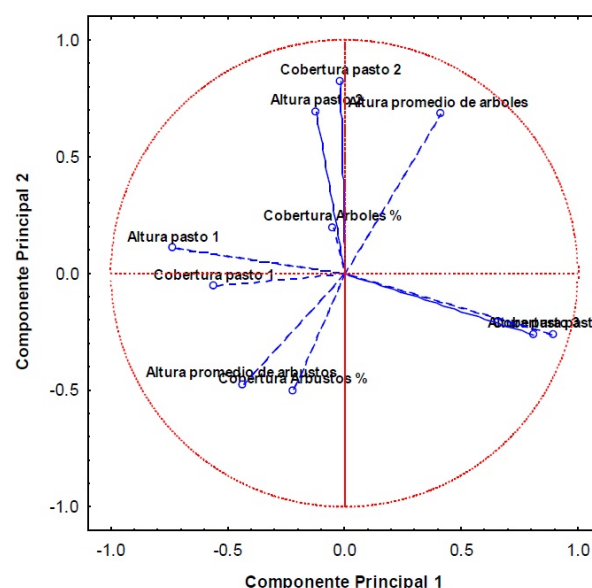


Figura 14. Sitios de muestreo ordenados en el espacio de los componentes principales 1 y 2, y las variables que se asocian a cada uno de esos componentes.

Simulación de movimientos de individuos. Los movimientos de los zacatuches virtuales fueron más frecuentes cerca de su población de origen y conforme se alejaron de esta, se pueden observar diferentes rutas de dispersión. Los individuos de la población A (Figura 15) se dirigen mayormente hacia el este y el norte, logrando atravesar campos de cultivo de avena.

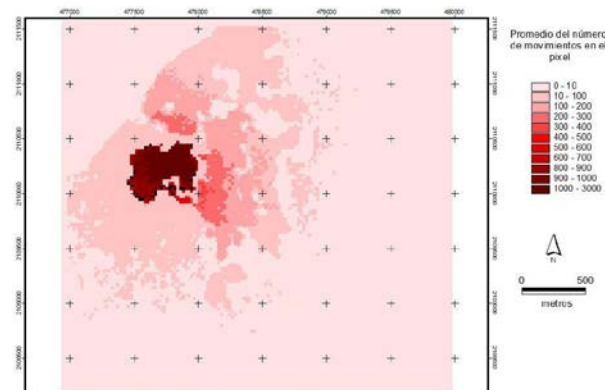


Figura 15. Modelación de la dispersión de *R. diazi* a partir del sitio de arranque número 1. Los resultados se expresan como el promedio del número de zacatuches que ocuparon el pixel específico durante su proceso de dispersión. El promedio se obtuvo a partir de 10 simulaciones en cada una de las cuales se simuló la dispersión de 1,000 individuos.

Los individuos de la población B (Figura 16) se dispersan en forma de abanico con dirección hacia el este. Este movimiento fue influenciado fuertemente por un campo de avena que se encuentra al oeste de una población y que resulta una barrera para sus

desplazamientos en esa dirección. Por su parte, los individuos virtuales de la población C (Figura 17) tuvieron movimientos más frecuentes hacia el suroeste, sureste y este. Es decir, estos individuos siguen un desplazamiento sin ningún patrón, lo que es evidencia de que el hábitat que rodea a esta población resulta más adecuado para sus desplazamientos.

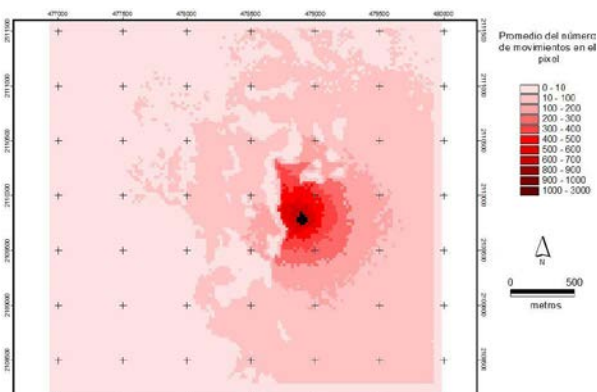


Figura 16. Modelación de la dispersión de *R. diazi* a partir del sitio de arranque número 2.

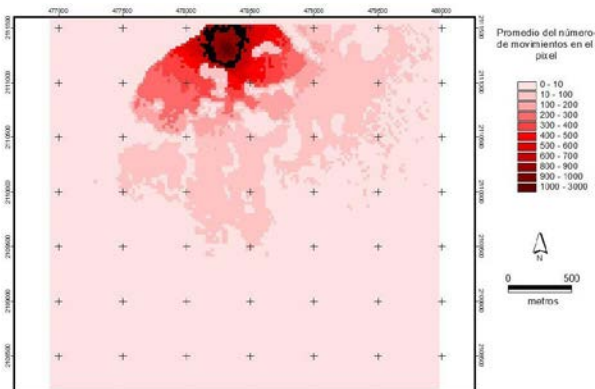


Figura 17. Modelación de la dispersión de *R. diazi* a partir del sitio de arranque número 3.

Discusión y Conclusiones: La expansión de las grandes zonas urbanas de la Ciudad de México, Toluca y Puebla, así como las actividades humanas en la región de la Sierra de Chichinautzin y Ajusco han provocado de manera directa la fragmentación del hábitat del zacatuche y en consecuencia, restricciones en su distribución geográfica y en su densidad poblacional. En este sentido, continuar con el monitoreo para conocer los cambios y fluctuaciones en la población de *R. diazi* en las zonas de distribución actual es indispensable. Las acciones de monitoreo a lo largo de los últimos años, muestran que la población

presenta una ligera tendencia a la baja. Aunque los datos aún son pocos para construir grandes series de tiempo, adicionalmente el monitoreo ha permitido permitir ubicar sitios de descanso, alimentación y refugio. Los resultados de la simulación de movimientos de tres poblaciones sugieren que las poblaciones A y C pueden tener migración de individuos entre ellas, pero se encuentran aisladas de la población B, cuyos individuos se desplazan en dirección contraria a la ubicación de dichas poblaciones. Este análisis de simulación, aunque de manera preliminar, sugiere que la configuración del paisaje puede favorecer o restringir los movimientos de la especie y por lo tanto tener un impacto en la conectividad entre poblaciones. Además, se demuestra que esta herramienta puede ser útil a una escala geográfica mayor, para simular los movimientos de zacatuches de distintas poblaciones del APFF COBIO y con esto facilitar la identificación de corredores de vegetación que propicien la conectividad entre ellas.

Bibliografía:

- Aranda, M. 2000. Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad - Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz, México. 212 pp.
- Área de Protección de Flora y Fauna Corredor Biológico Chichinautzin. 2011. Área de Protección de Flora y Fauna Corredor Biológico Chichinautzin. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Disponible en internet desde: <http://chichinautzin.conanp.gob.mx/index.php> [Consulta: diciembre de 2011]
- Asociación Mexicana Para la Conservación y Estudio de los Lagomorfos, Romero-Malpica, F. J., Rangel-Cordero, H., de Grammont, P. C. y Cuarón, A. D. 2008. *Romerolagus diazi*. En: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. Disponible en Internet desde: <http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/details/19742/0> [Consulta: diciembre 2011]
- Cervantes, F. y González, F. X. 1996. Los conejos y liebres silvestres de México. 1-10. En: A. Velázquez, F. J. Romero y J. López-Paniagua (Eds.). Ecología y conservación del conejo zacatuche y su hábitat. Universidad Nacional Autónoma de México - Fondo de Cultura Económica, México, 196 pp.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2008. Estudio poblacional 2006-2007 de *Romerolagus*



díazi, en el Área de Protección de Flora y Fauna Corredor Biológico Chichinautzin. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 52 pp.

- Fa, J. E., Romero, F. J. y López-Paniagua, J. 1992. Habitat use by parapatric rabbits in a mexican high-altitude grassland system. *Journal of Applied Ecology*. 29: 357-370

- Guerrero, J. A. y Rizo-Aguilar, A. 2006. Estudio poblacional de *Romerolagus diazi* en el Área de Protección de Flora y Fauna Corredor Biológico Chichinautzin. Informe Técnico. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México. 49 Pp.

- Instituto de Biología, UNAM. 2003. Conejo Zacatuche [en línea]. Disponible en Internet desde: <http://www.ibiologia.unam.mx/amcela/diazi.html> [Consulta: diciembre 2011]

- Mejía, M. H. y T. Contreras-MacBeath. 2004. Manual de Identificación de Técnicas de Monitoreo para Especies Terrestres y Acuáticas del Corredor Biológico Chichinautzin. 26 pp.

- Rangel-Cordero, H. 1996. Descripción y uso del hábitat de *Romerolagus diazi*: Efecto del fuego sobre zacatonal alpino del volcán Iztaccíhuatl, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

- Velázquez, A., Cervantes, F. A. y Galindo-Leal, C. 1993. The volcano rabbit *Romerolagus diazi*, a peculiar lagomorph. *Lutra* 36: 62-70.

- Velázquez, A. 1994. Distribution and Population size of *Romerolagus diazi* on the pelado Volcano. México. *Journal of Mammology*. 75. (3): 743-749.

- Velázquez, A., F. J. Romero y J. López-Paniagua (Eds.) 1996. Ecología y Conservación del Conejo Zacatuche y su Hábitat. Universidad Nacional Autónoma de México. Fondo de Cultura Económica. 204 pp.



La forma de citar este documento es la siguiente:

- Área de Protección de Flora y Fauna Corredor Biológico Chichinautzin. 2011. Monitoreo del zacatuche (*Romerolagus diazi*) en el Área de Protección de Flora y Fauna Corredor Biológico Chichinautzin. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Disponible en internet desde: <http://www.conanp.gob.mx/acciones/fichas/zacatuche/zacatuche.pdf> [Consulta: Fecha de la consulta]