



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**Factores que afectan la distribución y abundancia del conejo
castellano (*Sylvilagus floridanus*) en la Reserva del Pedregal de San
Ángel, D.F. (México)**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

P R E S E N T A :

Yury Glebskiy



**DIRECTOR DE TESIS:
Dr. Zenón Cano Santana
Ciudad de México 2016**

1. Datos del alumno
Glebskiy
Yury
44 48 28 91 03
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
412017818
2. Datos del tutor
Dr.
Zenón
Cano
Santana
3. Datos del sinodal 1
Dr.
Enrique
Martínez
Meyer
4. Datos del sinodal 2
M. en C.
Iván Israel
Castellanos
Vargas
5. Datos del sinodal 3
M. en C.
Yajaira
García
Feria
6. Datos del sinodal 4
Biol.
Guillermo
Gil
Alarcón
7. Datos del trabajo escrito
Factores que afectan la distribución y abundancia del conejo castellano (*Sylvilagus floridanus*) en la Reserva del Pedregal de San Ángel D.F., (México).
36 p
2016

Índice

	Resumen.....	3
I.	Introducción.....	4
	1.1. El conejo castellano: generalidades.....	4
	1.2. Los conejos castellanos de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel.....	6
	1.3. Métodos para estudiar conejos.....	8
	1.4. Justificación.....	9
II.	Objetivos e hipótesis.....	11
III.	Métodos.....	12
	3.1. Localidad de estudio.....	12
	3.2. Muestreo.....	12
	3.3. Tamaño poblacional de los conejos.....	14
	3.4. Tasa de defecación y consumo de plantas.....	16
IV.	Resultados.....	17
	4.1. Factores que afectan la densidad de pastillas.....	17
	4.2. Tamaño poblacional.....	19
	4.3. Estimación de producción de heces y consumo.....	20
V.	Discusión.....	21
	5.1. Factores que afectan la densidad de los conejos.....	21
	5.2. El tamaño poblacional de conejos en la REPSA.....	23
	5.3. La densidad de conejos.....	25
	5.4. Importancia de los conejos para el ecosistema del pedregal.....	25
	5.5. Conclusiones.....	26
	Agradecimientos.....	27
	Literatura citada.....	28
	Anexo 1.....	33
	Anexo 2.....	35

Glebskiy, Y. 2016. Factores que afectan la distribución y abundancia del conejo castellano (*Sylvilagus floridanus*) en la Reserva del Pedregal de San Ángel, D.F. (México). Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México. 36 pp.

RESUMEN

El conejo castellano, *Sylvilagus floridanus*, es una especie de gran importancia económica y ecológica, ya que es un herbívoro abundante, presa para muchos carnívoros y tiene un gran potencial como especie invasora. En este estudio se buscó conocer el papel de varios factores bióticos y abióticos sobre la abundancia relativa de conejos, estimada a partir de la abundancia de heces en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) de Ciudad Universitaria, Cd. Mx. (México). Para esto, se cuantificó la abundancia de pastillas fecales en 50 sitios seleccionados al azar dentro de la REPSA entre marzo y mayo de 2014, registrando la cobertura de las especies vegetales de todos los estratos, la heterogeneidad del terreno, la profundidad del suelo y la presencia de perros. Se encontró que los mejores predictores de la densidad de conejos son la ausencia de depredadores y la heterogeneidad del terreno, ya que los conejos prefieren los terrenos planos. La densidad de conejos estimada es de 8.8 ind/ha. Se calcula que Ciudad Universitaria albergó durante el periodo de estudio un total de 1677 ± 1868 conejos. El peso seco (ps) promedio de una pastilla fecal de conejo es de $0.115 \pm \text{d.e. } 0.019$ gps que se acumulan a una densidad promedio de 75.4 pastillas/m². Se calcula que los conejos producen 514.4×10^3 pastillas fecales/día, que reflejan una productividad de 125.7 ± 20.9 kgps ha⁻¹ año⁻¹ en peso seco y un consumo de tejidos vegetales de entre 183.0 y 285.0 kgps ha⁻¹ año⁻¹, lo cual representa entre 2.3 y 5.4% de la productividad primaria neta aérea de la REPSA. Los conejos castellanos representan al herbívoro más importante en el ecosistema de la REPSA: mantienen un flujo de energía entre las plantas y los depredadores y tienen un papel central en el transporte de nutrientes de las plantas al suelo.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. El conejo castellano: generalidades

El conejo castellano, *Sylvilagus floridanus* (J. A. Allen) (Lagomorpha: Leporidae), es un mamífero muy común que se distribuye desde el sur de Canadá hasta el norte de Colombia y Venezuela (Fig. 1.1). Habita una amplia variedad de ecosistemas con diversos climas. Abarca zonas templadas y cálidas con diferentes regímenes de humedad y a diferentes altitudes, incluyendo zonas desérticas y matorrales xerófilos, por lo que algunos de sus caracteres morfológicos y su fenología reproductiva pueden cambiar entre localidades (Chapman *et al.* 1980). Este lagomorfo ha sido introducido a Italia y el oeste de los Estados Unidos, regiones que ha colonizado con éxito (Chapman *et al.* 1980, Silvano *et al.* 2000, Vidus Rosin *et al.* 2008). Asimismo, la IUCN (2008) reporta que esta especie no se encuentra amenazada y que su población se está incrementando.

Chapman *et al.* (1980) reportan que el conejo castellano presenta las siguientes características: su coloración va de pardo a grisáceo y la parte ventral del cuerpo y la cola son blancas, pesa 1.2 kg y mide 427 mm de largo en promedio. En ambientes fríos se reproduce por temporadas mientras que en ambientes cálidos la reproducción ocurre todo el año; el número de camadas por año generalmente varía de tres a cuatro, aunque se han reportado hasta siete. Tiene entre tres y cinco crías por camada, cuyo promedio de vida en condiciones silvestres es de 15 meses aunque en cautiverio puede vivir hasta 10 años.

Son herbívoros generalistas que se alimentan de pastos, forbias, plántulas, legumbres, frutos y granos (Ceballos y Galindo 1984) y sus preferencias alimentarias varían de acuerdo a la



Figura 1.1: Distribución de *Sylvilagus floridanus* en América (IUCN 2008). El punto rojo marca el área de estudio en la Reserva del Pedregal de San Ángel.

estacionalidad y a la disponibilidad de recursos (Chapman *et al.* 1980).

Estos conejos concentran sus actividades en un área a menos de 10 m de algún refugio, escogiendo para ello arbustos y hierbas altas, que ofrecen refugio frente a los depredadores, mientras que para alimentarse prefieren forbias y pastos (Bertolino *et al.* 2011b). Al parecer, esta preferencia de hábitat se debe a que los

lagomorfos en general son presas de un gran número de depredadores (Chapman *et al.* 1980). Este es el caso del conejo castellano, que es relativamente lento comparado con las liebres (Bertolino *et al.* 2011b). Bond *et al.* (2001), por ejemplo, reportan que en los campos de cultivo y remanentes de bosque original en Misisipi, EE.UU. el factor de mortalidad de mayor importancia para los conejos es la depredación por mamíferos (54.8%) y por aves (26.1%).

El conejo castellano permanece en una misma área y utiliza el mismo refugio por periodos que van de las 2 semanas a los 2 meses, que son lapsos relativamente largos comparado con el tiempo de permanencia de otros lagomorfos (Bertolino *et al.* 2011a).

Se considera una especie de gran importancia ecológica, dada su gran abundancia y su papel como eslabón intermedio entre las plantas y varios animales depredadores (Chapman *et al.* 1980; Cano-Santana 1994a). Asimismo, vale la pena conocer sus rasgos ecológicos, ya que es una especie potencialmente invasora que compite con las especies nativas (Bertolino *et al.* 2011b). Actualmente se realizan una gran cantidad de estudios sobre la distribución de *S. floridanus* en Italia debido a que fue introducido en este país y ahora representa una seria

amenaza como especie invasora (Silvano *et al.* 2000, Vidus Rosin *et al.* 2008, Bertolino *et al.* 2011a,b,c). Bertolino y colaboradores (2011c) encuentran que la distribución de esta especie se debe principalmente al tipo de vegetación, hidrografía y altitud, prefiriendo las zonas de borde con presencia de ríos y espacios de poca elevación. Aunque en América esta especie registra un intervalo de distribución altitudinal muy amplio que va desde 0 (Chapman *et al.* 1980) hasta más de 3000 m (Fa *et al.* 1992). En México esta especie es nativa y ocupa una parte importante del territorio (Fig. 1.1), pero, a pesar de eso, hay pocos estudios realizados, los cuales se concentran principalmente en ambientes de montaña (Fa *et al.* 1992).

1.2. Los conejos castellanos de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel

La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) se localiza sobre el derrame de lava conocido como Pedregal de San Ángel o Pedregal del Xitle ubicado al sur del valle de México y dentro del campus principal de la Universidad Nacional Autónoma de México. Se originó en el año 280 ± 35 de nuestra era por el derrame de lava ocasionado por el volcán monogénico Xitle, que cubrió 80 km^2 (Lot y Camarena 2009, Siebe 2009). La mayor parte de la superficie del derrame está cubierta por una vegetación de tipo matorral xerófilo y se caracteriza por tener poco suelo y una topografía heterogénea (Rzedowski 1954).

En la actualidad, la mayor parte del Pedregal de San Ángel ha sido urbanizada por lo que quedan pocos remanentes de este ecosistema (Lot y Camarena 2009, Siebe 2009). Uno de los lugares donde este ecosistema fue protegido es precisamente la REPSA, que tiene un área de 237.3 ha, repartido en tres zonas núcleo que ocupan 171 ha y 13 zonas de amortiguamiento que cubren 66 ha (REPSA 2014; Fig. 1.2). En esta zona se reportan 33 especies de mamíferos, entre los que se halla un solo representante del orden Lagomorpha, que es precisamente el conejo

castellano (Hortelano *et al.* 2009), cuya distribución actual se ha confirmado en las tres zonas núcleo y el área de amortiguamiento 8 (L. García-Álvarez datos no publ., D. Dorantes-Villalobos datos no publ., obs. pers.).



Figura 1.2. Fotografía aérea de la REPSA. Las líneas rojas marcan los límites de las zonas núcleo y las azules zonas de amortiguamiento (REPSA 2014).

Aunque se ha sugerido que los posibles depredadores naturales del conejo castellano en el Pedregal de San Ángel son cacomixtles (*Bassariscus astutus*), zorras grises (*Urocyon cinereoargenteus*) y víboras de cascabel (*Crotalus molosus*) (Granados-Pérez 2008, Balderas-Valdivia *et al.* 2009), no se han encontrado evidencias fehacientes de que estos animales los coman (Castellanos-Morales 2006, Granados-Pérez 2008, Balderas-Valdivia *et al.* 2009), aunque

tampoco se pueden descartar como posibles depredadores, ya que no hay estudios específicos sobre este tema en la localidad. Lo anterior sugiere que se requieren investigaciones sobre la depredación de conejos por fauna nativa en la REPSA. No obstante, es muy probable que los depredadores importantes de los conejos en la reserva sean los gatos y los perros introducidos (Granados-Pérez 2008, Lot *et al.* 2012). En una estimación realizada por Lot *et al.* (2012) se reporta la presencia de unos 80 perros y 400 gatos dentro de ésta. Recientemente se realizó una campaña para extraer a los perros de la zona núcleo poniente (G. Gil, Secretaría Ejecutiva de la REPSA, com. pers.) que, al parecer, ha resultado efectiva, ya que no se observaron rastros de perros en esta zona de trabajo durante el tiempo de estudio (obs. pers.). Esto podría sugerir que en la zona núcleo poniente de la reserva se presentó poca depredación de conejos durante el tiempo en el que se realizaron los muestreos (obs. pers.).

1.3. Métodos para estudiar conejos.

Las técnicas de monitoreo de lagomorfos se pueden dividir en invasivas y no invasivas (Farías-González 2011). La primera consiste en capturar a los conejos generalmente utilizando algún tipo de trampa, método que es muy utilizado, ya que proporciona más información que los indirectos al poder examinar directamente al individuo atrapado (Bailey 1969). No obstante, las técnicas no invasivas son ampliamente utilizadas en estudios que no requieren datos morfológicos ni fisiológicos de los animales estudiados (Silvano *et al.* 2000, Lyra-Jorge *et al.* 2008, Vidus-Rosin *et al.* 2008, Farías-González 2011). Además, la elección del método suele estar influenciada por la disponibilidad de recursos para los estudios (Lyra-Jorge *et al.* 2008).

Existen varios métodos no invasivos para la detección de lagomorfos. Uno de los más utilizados es el de transecto en línea que se basa en la observación directa de los animales. Se

lleva a cabo principalmente en la noche, y el investigador se desplaza en línea recta con velocidad constante y cuenta los individuos que puede observar y mide la distancia hasta el animal (Silvano *et al.* 2000, Vidus-Rosin *et al.* 2008, Farías-González 2011). La técnica de fototrampeo, por otra parte, es muy utilizada en estudios recientes y permite la identificación de los individuos pero tiende a detectar mejor a los animales de mayor tamaño, por lo que produce un sesgo en el estudio y, además, es un método muy costoso (Lyra-Jorge *et al.* 2008).

Otro método consiste en la detección de conejos a partir del muestreo de pastillas fecales, una técnica que se utiliza ampliamente (Farías-González 2011). Las pastillas fecales también pueden proporcionar datos sobre la alimentación y la densidad de la población (Flinders y Crawford 1977, Farías-González 2011). Para poder usar este método se deben cumplir dos supuestos importantes (Farías-González 2011): (1) hay un reconocimiento correcto de las excretas, y (2) las parcelas están distribuidas azarosamente y son representativas del área de estudio.

1.4. Justificación

Un estudio del conejo castellano en la REPSA puede aportar nueva información sobre la ecología de éste en ecosistemas donde no se ha estudiado, ya que la mayoría de los estudios previos se realizaron en bosques y pastizales templados, pero no en matorrales xerófilos, incluyendo la misma REPSA. Se ha sugerido que este conejo tiene una gran relevancia para el ecosistema de la REPSA ya que son consumidores primarios de gran importancia y un eslabón intermedio entre las plantas y los depredadores de gran talla (Cano-Santana 1994a).

Además, al no haberse realizado estudios previos específicos sobre la ecología de *S. floridanus* en la REPSA, no se conoce su distribución, abundancia, ni la importancia real del

alcance de su papel ecológico para este ecosistema.

II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

El objetivo principal de este trabajo es conocer los factores que afectan la distribución y abundancia del conejo castellano en la REPSA. Para esto, se planea entender cómo es afectada su densidad por la cobertura de diferentes especies de plantas, la heterogeneidad topográfica, la profundidad del suelo y la presencia de perros y, con base en esto, hacer modelos de distribución del conejo.

Los objetivos secundarios que se plantean en este trabajo son: determinar el número de conejos presentes en la reserva y estimar su importancia como consumidor primario calculando por métodos indirectos el consumo diario y anual de plantas por los conejos.

Con base en los trabajos Bertolino *et al.* (2011b), se predice que el conejo *S. floridanus* tendrá una correlación positiva con las plantas con una forma de crecimiento herbáceo. También se espera que los conejos prefieran terrenos planos, ya que un terreno accidentado puede limitar su movilidad. Por último; se espera que en ausencia de perros aumente la abundancia de los conejos (Bond *et al.* 2001).

III. MÉTODOS

3.1. Localidad de estudio

El estudio se llevó a cabo en las tres áreas núcleo de la REPSA (19°19' N, 99°11' O, 2310 m s.n.m.), la cual se encuentra fragmentada y aislada, pues no tiene contacto directo con otras áreas naturales. Su temperatura promedio es de 17.1°C (mínima: 5.6, máxima: 27.7°C) y su precipitación media es de 815 mm al año que se distribuye de manera irregular a lo largo del año, pues se puede distinguir una estación seca de noviembre a abril y una temporada de lluvias de mayo a octubre (SMN 2014). A pesar de su precipitación, la vegetación de esta reserva se clasifica como matorral xerófilo debido a la existencia de aridez fisiológica (Rzedowski 1954).

3.2. Muestreo

Se muestrearon las pastillas fecales y las variables ambientales en 50 transectos de 20 × 6 m repartidos al azar entre las tres zonas núcleo: 28 en la zona poniente, 15 en la oriente y siete en la sur-oriente, de modo que hubiese una asignación proporcional de acuerdo con el área que ocupa cada una (REPSA 2014). El muestreo se realizó durante la temporada de secas, de marzo a mayo del 2014.

En cada transecto se tomaron los datos de número de pastillas fecales de conejos, profundidad del suelo, cobertura de cada especie de planta de todos los estratos, heterogeneidad topográfica y presencia/ausencia de perros en la zona, del modo que se explica a continuación. Para medir la cobertura vegetal se trazó una línea de Canfield de 20 m en la parte media del transecto, a partir de la cual se registró la cobertura lineal de las especies vegetales de todos los estratos de vegetación, así como del tipo de sustrato (suelo desnudo o con mantillo, roca

basáltica, grietas). La profundidad del suelo se midió a cada metro a lo largo de esta línea con una estaca de 30 cm. Para medir la heterogeneidad topográfica se trazaron 20 rectángulos de 3×1 m de manera alternada a los lados de la línea de Canfield (ver cuadros de color azul en la Fig. 3.1) y se clasificó el terreno, según su heterogeneidad topográfica en cuatro categorías cualitativas: plano (1), heterogeneidad baja (2), media (3) y alta (4). La presencia/ausencia de perros se hizo evaluando esta variable en cada zona núcleo, tanto por observación directa como

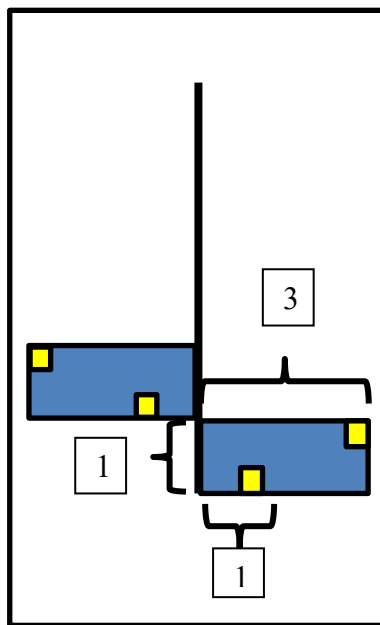


Figura 3.1. Esquema de la disposición de las unidades muestrales dentro de un transecto.

por rastros indirectos (presencia de caminos y de excretas).

La abundancia relativa de conejos se estimó a partir de la abundancia de las pastillas fecales, que es un método de estudio muy utilizado para los lagomorfos (Vidus-Rosin *et al.* 2008, Farías-González 2011) y no es afectado por la heterogeneidad topográfica. Las pastillas se cuantificaron en 40 cuadros de 25×25 cm situados a ambos lados de la línea de Canfield de modo que se abarcara en lo posible toda la extensión del transecto para representar toda la heterogeneidad de la zona (ver cuadros de color amarillo en la Fig. 3.1). Solamente se contaron las pastillas que estuvieran completas en más de un 50%.

Para determinar el efecto de (1) la cobertura de las diferentes especies de plantas (con cobertura total mayor al 1%), (2) el valor promedio de las categorías de heterogeneidad topográfica en cada transecto, (3) la profundidad promedio del suelo y (4) la presencia/ausencia de perros sobre la densidad de pastillas fecales se utilizaron modelos lineales generalizados (GLIM) con distribución Poisson y función de ligamiento logarítmica. Las parcelas de la zona

núcleo poniente se consideraron libres de depredadores (0) y la de las zonas núcleo oriente y suroriente con presencia de éstos (1). Después se seleccionó el mejor modelo por el método “stepwise” con dirección “backward”, el modelo fue posteriormente confirmado por modelos “forward” y bidireccional, basándose en el criterio de información de Akaike. Después, se hizo otro modelo tomando como restricción un número máximo de cinco predictores, revisando todas las combinaciones posibles. Los análisis se realizaron en el programa R 3.2.3 (R Development Core Team 2015) usando los paquetes MASS (Venables y Ripley 2002) y glmulti (Calcagno y Mazancourt 2010).

Posteriormente, se determinó si existen diferencias entre las densidades de conejos entre las zonas núcleo utilizando la prueba de Kruskal-Wallis y la prueba de Dunn para determinar las diferencias entre cada par de áreas.

3.3. Tamaño poblacional de los conejos.

Para calcular el tamaño poblacional de los conejos en las zonas núcleo se utilizó una fórmula que permite conocer el número total de pastillas fecales (Np) en el campo:

$$Np = Tdd \times Td50 \times Nc$$

A partir de esta fórmula, se calcula el número de conejos (Nc):

$$Nc = \frac{Np}{Tdd \times Td50}$$

donde Tdd = tasa de defecación diaria y $Td50$ = tiempo de degradación en días hasta el 50%.

El número de pastillas es la suma total de pastillas en las tres zonas núcleo y el tiempo de degradación es igual al tiempo de permanencia de las pastillas en el sistema hasta el 50% de su masa inicial. Esta fórmula fue propuesta por Everhardt y Van Etten (1956) para calcular poblaciones de ciervos; posteriormente, Bello Sánchez (2010) la utilizó para lagomorfos en

México. En los trabajos anteriores se consideró que las pastillas se acumulaban a partir del final de una época determinada, pero en este caso, se estimó la degradación por día durante las estaciones de lluvias y secas para aumentar la precisión del cálculo (ver Anexo 1).

La tasa de degradación se estimó colocando 750 pastillas fecales frescas dentro de la REPSA durante dos periodos: la estación de lluvias (junio a septiembre) y la estación de secas (diciembre a marzo) en un sitio con presencia de conejos. Para evitar el transporte y la introducción de pastillas nuevas se cubrieron las pastillas con coladores colocados boca abajo con aperturas de 2-5 mm. Se colocaron 15 coladores en época de lluvias y 10 en secas con 50 pastillas cada uno. Cada mes se retiraban aleatoriamente cinco coladores. El nivel de degradación se determinó a partir de la pérdida del peso en seco. Posteriormente, se ajustó una curva a los datos promedio de degradación. Estas curvas permiten determinar la tasa de degradación de las pastillas por día. Con estas curvas se hizo un cálculo del tiempo de degradación hasta el 50%, que es el que transcurre entre el momento que fueron depositadas las pastillas fecales hasta cuando perdieron el 50% de su peso. Ya que el tiempo para la degradación hasta el 50% abarcó un periodo de secas y de lluvia se utilizaron las dos fórmulas. Primero se calculó el porcentaje de degradación que alcanzaron las pastillas durante la época de secas y, ya que en el periodo del inicio de secas hasta la toma de muestras no se llegó al 50%, se utilizó la fórmula de lluvias. Con ésta se calculó el tiempo necesario para completar la degradación (en el caso de no alcanzar la degradación requerida en esta época se usaría otra vez la fórmula de secas hasta llegar a la degradación marcada).

La tasa de defecación diaria (*Tdd*) se tomó de la literatura basándose en el trabajo de Cochran y Stains (1961), quienes registran $350 \pm \text{e.e. } 4.5$ pastillas/día por individuo.

3.4. Tasa de defecación y consumo de plantas

Se estimó la tasa de defecación de la población de conejos en la reserva y, de manera indirecta a partir de ésta, el consumo de plantas. Para esto, se consideró el tiempo estimado de acumulación de pastillas que es igual al tiempo de degradación (ya que las pastillas depositadas antes de ese periodo fueron degradadas) y el número total de pastillas acumuladas del pedregal de las fórmulas anteriores.

$$Tdd = \frac{Pt}{Ta}$$

donde: Tdd = tasa de defecación diaria, Pt = número total de pastillas y Ta = tiempo de acumulación.

Después, se pesaron 2970 pastillas fecales y se obtuvo el peso promedio. Este valor se multiplicó por el número de pastillas producidas por día (Tdd), que da como resultado el peso seco de materia orgánica depositada por la población de conejos. Para determinar el consumo se dividió el peso de la materia orgánica depositada entre la fracción de alimento digerida, para lo cual se usaron dos valores de digestibilidad de dietas: alta (0.687) y baja (0.441) calidad (Shipley *et al.* 2006).

IV. RESULTADOS

4.1. Factores que afectan la densidad de pastillas

El modelo completo que mejor predice la distribución de pastillas fecales de los conejos contiene 30 predictores que resultaron significativos (Tabla 4.1), los más importantes fueron la presencia de perros, el grado de heterogeneidad topográfica, así como la cobertura de *Agave salmiana*, que afectan negativamente, y la cobertura de *Manfreda scabra* y Asteraceae 1, que lo afectan positivamente. El valor de AIC del modelo fue de 1510.5. También se construyó el mejor modelo con cinco predictores que fue: Densidad de pastillas = - 2.0692 (Presencia de perros) - 0.5463 (Nivel de heterogeneidad topográfica) + 0.0072 (Cobertura de *Manfreda scabra*) - 0.0008 (Cobertura de *Dodonaea viscosa*) - 0.0006 (Cobertura de *Eucalyptus* sp.) (AIC = 3955). Para los modelos, los valores de cobertura y de profundidad se miden en cm, la presencia /ausencia de perros tiene valores de 0 o 1, en tanto que el nivel de heterogeneidad tiene valores que van de 1 a 4. La densidad de pastillas fecales está declarada como No. de excretas por transecto (No./2.5 m²).

Hubo diferencias significativas en las densidades de pastillas entre zonas núcleo ($p < 0.001$). En particular, hubo diferencias entre la zona núcleo poniente y las zonas oriente ($p < 0.001$) y sur oriente ($p = 0.014$), pero no existen diferencias entre las zonas oriente y sur oriente ($p = 0.069$).

Tabla 4.1. Factores (predictores) que afectan la densidad de pastillas de los conejos castellanos en la REPSA (No./2.5 m²). El AIC del modelo sin el predictor muestra cómo sería el modelo sin ese predictor y permite estimar la importancia de cada predictor. La última columna muestra el poder de predicción de los modelos univariados. NS = no significativo. Salvo presencia de perros, profundidad del suelo y heterogeneidad topográfica, las variables son medidas de cobertura. El valor de AIC del modelo completo fue de 1510.5.

Predictor	Estimado	AIC del modelo sin este predictor	AIC con modelo de un solo predictor
Intercepto	8.9720		
Presencia de perros	-2.8654	3328.3	6567.3
Heterogeneidad topográfica	-2.0546	2447.8	8573.4
<i>Manfreda scabra</i>	0.0110	2149.2	11407.0
<i>Asteraceae 1</i>	0.0056	1914.1	11586.2
<i>Agave salmiana</i>	-0.0050	1890.6	11621.7
Suelo desnudo	-0.0022	1873.0	11179.1
<i>Pittocaulon praecox</i>	0.0038	1769.8	11359.2
<i>Dahlia coccinea</i>	-0.0018	1742.2	11652.6
Basalto desnudo	0.0015	1693.9	10898.3
<i>Wigandia urens</i>	0.0036	1683.6	11518.3
<i>Eucalyptus</i> sp.	-0.0008	1674.8	11634.9
<i>Pennisetum clandestinum</i>	-0.0010	1639.4	11575.7
<i>Eupatorium petiolare</i>	0.0025	1622.6	10462.0
Cobertura acumulada de otras plantas	0.0005	1601.8	11555.0
<i>Schinus molle</i>	0.0010	1587.3	11418.9
Profundidad de suelo	0.1064	1581.5	10645.9
<i>Melinis repens</i>	-0.0012	1569.5	10677.6
Suelo con mantillo de <i>Buddleja parviflora</i>	-0.0047	1569.0	11498.0
<i>Verbesina virgata</i>	-0.0032	1568.0	11624.1
Suelo con mantillo de <i>Buddleja cordata</i>	-0.0017	1567.2	11425.8
<i>Cheilanthes bonariensis</i>	0.0014	1563.0	10988.0
<i>Buddleja parviflora</i>	0.0013	1562.2	11381.8
Musgos	-0.0017	1561.8	11540.7
<i>Montanoa tomentosa</i>	-0.0014	1551.0	11648.6
<i>Opuntia tomentosa</i>	-0.0009	1534.0	11321.1
<i>Dodonaea viscosa</i>	-0.0005	1532.2	11527.4
<i>Stevia ovata</i>	0.0014	1520.8	11616.6
<i>Muhlenbergia robusta</i>	-0.0002	1515.9	11643.7
<i>Cissus sycioides</i>	-0.0015	1515.1	11650.3
<i>Buddleja cordata</i>	-0.0003	1514.9	10476.2
<i>Phlebodium areolatum</i>	NS		
Grietas	NS		
<i>Piqueria trinervia</i>	NS		
<i>Echeveria gibbiflora</i>	NS		

4.2. Tamaño poblacional.

La densidad de pastillas fecales fue de $120.5 \pm \text{d.e. } 88.6 \text{ m}^{-2}$ en la zona núcleo poniente ($n = 28$), $10.3 \pm 46.9 \text{ m}^{-2}$ en la zona oriente ($n = 15$) y $34.2 \pm 85.8 \text{ m}^{-2}$ en la zona sur-oriente ($n = 7$) (Tabla 4.2). El porcentaje de peso remanente (P_r) cambió en función del tiempo (t , en días) como $P_r = 0.0095 + 0.0039t$ ($r^2 = 0.977$) en lluvias y $P_r = 0.0029 + 0.0007t$ ($r^2 = 0.913$) en secas (Anexo 1). Considerando que la fecha promedio de muestreo fue el 11 de marzo de 2014 y la época de secas empieza el 15 de octubre, las pastillas depositadas 246 días antes de la fecha del muestreo llegaron a la degradación del 50%. Por lo tanto, las pastillas depositadas en este periodo son las consideradas en este muestreo.

Considerando una tasa de defecación de 350 ± 4.5 pastillas por día para el conejo castellano (Cochran y Stains 1961), se obtuvieron densidades de esta especie para el periodo registrado de $14.0 \pm 10.3 \text{ ind/ha}$ en la zona núcleo poniente ($n = 28$ parcelas), $1.2 \pm 5.4 \text{ ind/ha}$ en zona núcleo oriente ($n = 15$ parcelas) y $4.0 \pm 10.0 \text{ ind/ha}$ en zona núcleo sur-oriente ($n = 7$ parcelas) (Tabla 4.3).

Tabla 4.2. Densidad de pastillas ($\text{No./m}^2 \pm \text{d.e.}$, intervalo entre paréntesis) en cada zona núcleo de la REPSA. Datos de marzo-mayo de 2014.

Zona núcleo	Densidad de pastillas (No./m^2)	N
Poniente	120.5 ± 88.6 (4.4-325.2)	28
Oriente	10.3 ± 46.9 (0-63.6)	15
Sur-Oriente	34.2 ± 85.8 (0.4-91.2)	7
Zonas núcleo REPSA	75.4 ± 84.6	50

Tabla 4.3. Densidad de conejos (No./ha $\pm$ d.e., rango entre paréntesis) en cada zona núcleo de la REPSA, tamaño de la población en cada zona. Datos de marzo-mayo de 2014.

Zona núcleo	No. conejos/ha	No. de conejos	<i>N</i>
Poniente	14.0 $\pm$ 10.3 (0.5-37.8)	1328.3	28
Oriente	1.2 $\pm$ 5.4 (0-7.4)	62.7	15
Sur-Oriente	4.0 $\pm$ 10.0 (0-10.6)	94.5	7
Total	8.8 $\pm$ 9.8 (0 – 37.8)	1497.9	50

4.3. Estimación de la producción de heces y consumo

Se encontró que el peso seco (ps) promedio de una pastilla fecal de conejo es de 0.115 $\pm$ d.e. 0.019 gps ($n = 2970$) y se registraron con una densidad promedio de 75.4 pastillas/m², las cuales se estima que son depositadas en un período de 246 días. Por lo tanto, se producen 514.4×10^3 pastillas fecales/día, que representan una productividad de 125.7 ± 20.9 kgps ha⁻¹ año⁻¹ en peso seco.

Dado que Shipley y colaboradores (2006) reportan que este conejo digiere entre el 68.7 y 44.1% de la materia orgánica consumida, se calcula que estos conejos consumen entre 183.0 y 285.0 kg ha⁻¹ año⁻¹.

V. DISCUSIÓN

5.1. Factores que afectan la densidad de los conejos

Se construyeron dos modelos para analizar los factores que afectan la densidad de conejos castellanos en la REPSA. El primero de ellos (el modelo completo) tiene un mayor poder de predicción, pero es complejo de utilizar, ya que requiere conocer en detalle la estructura de la comunidad vegetal. Aun con este defecto, este modelo puede llegar a ser útil para las simulaciones y, además, ayuda a formular suposiciones sobre la dieta del conejo, pues si la cobertura de una planta está relacionada positivamente con su densidad es probable que ésta sea parte de su dieta o un refugio.

El segundo modelo es más práctico, ya que con conocer si hay perros en el lugar, el nivel cualitativo de heterogeneidad y la cobertura de tres especies de plantas, que no son difíciles de identificar, se puede predecir la densidad de conejos. Este modelo se puede usar como una guía para encontrar lugares que sean viables para mantener poblaciones de conejos.

Los GLIM muestran que la gran mayoría de los factores evaluados (30 de 34) afectan la densidad de conejos castellanos, pero los factores que mejor explican esta son los depredadores y la heterogeneidad topográfica, según el criterio de Akaike (Tabla 4.1).

Los depredadores afectan considerablemente a las poblaciones de conejos. Bond *et al.* (2001), por ejemplo, reportan que en Mississippi, EE. UU. el 89% de la mortalidad se debe a este factor, de modo que los conejos seleccionan espacios libres de depredadores. En la REPSA, la presencia de perros ferales, de acuerdo al modelo, resultó la variable que mejor explica la densidad del conejo, aunque esta característica se midió a una escala de regiones grandes de la reserva y puede que existan otros factores encubiertos por este predictor.

El segundo factor que mejor explica la densidad de los conejos fue la heterogeneidad del terreno (Tabla 4.1). Los conejos prefieren vivir en los terrenos planos probablemente debido a que estos mamíferos no tienen adaptaciones para escalar, y un terreno accidentado impide que éstos se muevan libremente. Este factor tiene una gran importancia pero, a pesar de esto, no se encontraron estudios previos que analicen el efecto de la heterogeneidad del terreno sobre la distribución y densidad de los conejos. Se ha visto que los factores topográficos, como la inclinación, afectan negativamente la densidad del conejo europeo *Oryctolagus cuniculus* (Calvete *et al.* 2004) y a las especies del género *Sylvilagus* (Fa *et al.* 1992). Esto concuerda con lo encontrado en el presente estudio con *S. floridanus*, donde se vio que no solo es afectado por la topografía pero que al menos en este ambiente es de los factores principales que determinan la distribución y densidad de esta especie.

No se observó alguna preferencia por alguna categoría supraespecífica de plantas, ya que las diferentes especies de un mismo estrato pueden afectar de forma negativa o positiva la densidad de los conejos, aunque faltaría realizar estudios que conjunten a todas las especies por estrato. Se vio que algunas especies herbáceas afectan negativamente a los conejos, tal como es el caso de *Pennisetum clandestinum*, *Melinis repens* (ver Tabla 4.1), lo que se puede deber probablemente a que un gran crecimiento de estos pastos impide su movimiento sobre todo si tienen cierta altura (>30 cm). Esto contradice la hipótesis inicial del efecto positivo de las hierbas sobre este mamífero. Otro resultado inesperado es que las plantas no fueran los factores determinantes para la densidad de conejos, ya que contradice muchos de los trabajos anteriores en los que el tipo de vegetación es el factor de mayor importancia (Vidus-Rosin *et al.* 2010, Bertolino *et al.* 2011a,c). Esto se podría deber a que los conejos pueden consumir prácticamente cualquier planta (Chapman *et al.* 1980), por lo cual no se ven limitados por el alimento ni

tampoco requieren de la protección que éstas brindan, ya que dentro de la REPSA hay una gran cantidad de grietas pequeñas que funcionan como refugios. En este sentido, los conejos probablemente prefieren grietas horizontales donde se pueden esconder de los depredadores sin tener dificultad para entrar o salir de ellas, ya que no requieren escalar para esto (obs. pers.). Este bajo efecto de la vegetación puede estar asociado con que la REPSA no resguarda tantos tipos de vegetación fisonómicamente diferenciables como los que se trabajan en los artículos que han revisado este efecto (que incluyen bosque, pastizal o campos de cultivo).

Otro resultado de importancia es que el zacatón *Muhlenbergia robusta*, a pesar de ser un factor significativo, tiene poco efecto sobre la densidad de los conejos (Tabla 4.1). El zacatón es la planta de mayor cobertura en la REPSA (Anexo 2) y al ser una hierba se esperaría que ésta fuera un alimento de importancia (Cano-Santana 1994a). Esta baja influencia se podría deber a dos factores: esta planta tiene hojas duras ricas en sílice que no son fáciles de masticar, y tiene una amplia distribución en la reserva, por lo tanto en caso de necesitarla los conejos la encontrarían disponible en la mayoría de los ambientes (que, a la postre, se registró en el 86% de los transectos muestreados).

Entre las plantas, la variable de cobertura que tiene mayor importancia en el modelo es la de *Manfreda scabra* (Tabla 4.1). Esto probablemente se deba a que es una planta importante en la dieta del conejo, se ha visto que se comen las hojas durante la época de lluvias y las raíces en época de secas (obs. pers.). No obstante, se sabe poco acerca de la dieta de estos conejos en la REPSA, por lo que sería muy importante realizar estudios en este aspecto.

5.2. El tamaño poblacional de conejos en la REPSA

El método de conteo de conejos descrito resultó ser muy útil ya que permitió estimar la

población a partir de datos de un muestreo que no se diseñó específicamente para el conteo de la población. Teniendo los datos de densidad de heces, y tomando los datos reportados de la tasa de defecación (Cochran y Stains 1961) y la tasa de descomposición (este trabajo), se pueden tener datos prospectivos. A partir de este trabajo y con la experiencia adquirida se puede diseñar un proyecto específico para hacer un monitoreo a largo plazo de la población.

Dado lo anterior, se calcula que las áreas núcleo albergaban 1498 conejos en el periodo de estudio, y proyectando los datos de las áreas de amortiguamiento Jardín Botánico (A10), Vivero Alto (A11), las áreas verdes de vegetación natural no conservadas aledañas a las zonas núcleo y el área de amortiguamiento biológicas (A8) donde se ha observado la presencia de estos animales (L. García-Álvarez en prep., D. Dorantes-Villalobos en prep., obs. pers.) se calcula un total de 1677 conejos en Ciudad Universitaria.

La fórmula original con ungulados de Everhardt y Van Etten (1956) no incluye la corrección del tiempo de degradación en diferentes periodos ya que consideran que todas las heces que encuentran se depositaron a partir de una época determinada. Pero, como muestran los datos de este trabajo, este supuesto no aplica para los lagomorfos ya que las pastillas fecales pueden permanecer un tiempo considerable durante el periodo de lluvias y afectar significativamente el resultado final. Por ejemplo, si se usara el supuesto de que todas las pastillas que se encuentran están presentes a partir de la época de secas, en este trabajo, se sobrestimaría la población en un 40%.

No obstante, es probable que este método tienda a subestimar el número real de conejos, ya que el tiempo de degradación medido puede ser mayor al real, ya que los coladores impiden que las pastillas sufran daños por factores físicos como la lluvia, el granizo y el propio pisoteo de los mismos conejos, lo cual modifica el tiempo de degradación y, por tanto, altera los valores

registrados de la tasa de descomposición. También es importante mencionar que los datos de defecación y digestibilidad se tomaron a partir de estudios que no fueron realizados en la REPSA y, por lo tanto, pueden aumentar el sesgo.

5.3. La densidad de conejos

La densidad poblacional de los conejos en la REPSA fue de 8.8 ind/ha que es comparable con las densidades normales reportadas para la especie aunque la densidad de la zona núcleo poniente (14.0 ind/ha) puede ser considerada como alta (Chapman *et al.* 1980). Se requiere realizar un monitoreo de varios años para determinar si la población se mantiene estable o si se registró un brote ya que, al parecer, ocurrió un aumento importante de la población en 2013 (G. Gil com. pers.).

Se registraron diferencias considerables entre las densidades poblacionales de las tres zonas núcleo, pues hay 12 veces más conejos en la zona Poniente que en la Oriente. Esto puede deberse a las diferencias en la heterogeneidad del terreno y la presencia de depredadores, pues la Zona Núcleo Oriente es más heterogénea en su superficie y mantiene una población de perros ferales. Esto también explica que no existan diferencias significativas entre las zonas oriente y sur oriente ya que ambas cuentan con presencia de depredadores.

5.4. Importancia de los conejos para el ecosistema del pedregal

Se calculó que los conejos consumen entre 183.0 y 285.0 kg de plantas ha⁻¹ año⁻¹ (peso seco). Considerando que la productividad primaria neta aérea (PPNA) de la REPSA se encuentra entre 5300 y 7900 kg ha⁻¹ año⁻¹ (Cano-Santana 1994b), los conejos podrían consumir entre 2.3 y 5.4 % de ésta; muy por encima del 1.2 % que consume el chapulín *Sphenarium purpurascens*

(Orthoptera: Pyrgomorphidae), el insecto herbívoro más importante (Cano-Santana 1994b). El conejo castellano deposita $125.7 \pm 20.9 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ de heces fecales que aceleran el ciclaje de nutrientes. Esto indica que el conejo es el consumidor primario de mayor importancia en la REPSA y que tiene un papel central en el transporte de nutrientes de las plantas al suelo.

Dado que la PPNA de la REPSA es menor en los sitios clasificados como planos que en los abruptos (Cano-Santana 1994b), los conejos tienen una importancia diferencial en ambos tipos de paisajes, siendo más importantes en las regiones planas, lo cual podría incrementar aún más la heterogeneidad del paisaje de la REPSA.

5.5. Conclusiones

La densidad de los conejos castellanos es afectada negativamente por la presencia de depredadores y por la heterogeneidad del terreno. Las plantas herbáceas no necesariamente son benéficas para el conejo y la planta que más afecta su distribución es *M. scabra* que es parte importante de su dieta. El efecto de la vegetación en la densidad del conejo fue menor a lo esperado. Su tamaño poblacional fue de 8.8 ind/ha y consume entre 2.3 y 5.4% de la PPNA de la REPSA lo que sugiere que es el herbívoro más importante de la reserva.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al M. en C. Iván Castellanos-Vargas su apoyo en el campo y sus valiosos comentarios al manuscrito. A Gabriela Hernández Pérez por su gran apoyo moral y su desinteresado apoyo en el trabajo en el campo, y a mi asesor, el Dr. Zenón Cano Santana, por su apoyo y sus enseñanzas. A Stanislav Glebskiy y Maria Glebskaya por el trabajo de campo y apoyo; a Daniel Dorantes Villalobos por su apoyo en el campo y las ideas aportadas al proyecto. A los profesores y alumnos del Laboratorio de Interacciones y Procesos Ecológicos y del Taller de Ecología Terrestre y Manejo de Recursos Bióticos por los valiosos y acertados comentarios a este trabajo. A la Secretaría Ejecutiva de la REPSA y en especial al Biól. Guillermo Gil por los permisos, materiales y facilidades para realizar los trabajos de esta tesis. Agradezco el apoyo de la M. en C. Yuriana Martínez para identificar ejemplares de plantas y al Dr. Carlos Martorell por la ayuda en los análisis estadísticos. Este trabajo se realizó con el apoyo financiero del proyecto PAPIIT IN222816 "Ecología de *Sylvilagus floridanus* (Lagomopha: Leporidae) en la Reserva Ecológica de Ciudad Universitaria, D.F." otorgado al Dr. Zenón Cano Santana.

LITERATURA CITADA

- Bailey J. A. 1969. Trap responses of wild cottontails. *Journal of Wildlife Management* 33 (1): 48-58.
- Balderas-Valdivia C. J., Barreto-Oble D., Madrid-Sotelo C. A. 2009. Contribución a la historia natural de *Crotalus molossus*. Págs. 363-369, en Lot A., Cano-Santana Z. (eds.). Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Bertolino S., Cordero di Montezemolo N., Perrone A. 2011a. Daytime habitat selection by introduced Eastern cottontail *Sylvilagus floridanus* and native European hare *Lepus europaeus* in Northern Italy. *Zoological Science* 28 (6): 414-419.
- Bertolino S., Perrone A., Gola L., Vitebi R. 2011b. Population density and habitat use of the introduced Eastern cottontail (*Sylvilagus floridanus*) compared to the native European hare (*Lepus europaeus*). *Zoological Studies* 50 (3): 315-326.
- Bertolino S., Ingegno B., Girardello M. 2011c. Modelling the habitat requirements of invasive Eastern cottontail (*Sylvilagus floridanus*) introduced to Italy. *European Journal of Wildlife Research* 57: 267-274.
- Bello Sánchez R. A. 2010. Distribución y abundancia de la liebre torda *Lepus callotis* (Wagler, 1830) en el Valle de Perote, Veracruz. Xalapa Ver. Tesis profesional. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Xalapa.
- Bond B. T., Wes Burger L., Leopold B. D., Godwin D. K. 2001. Survival of cottontail rabbits (*Sylvilagus floridanus*) in Mississippi and an examination of latitudinal variation. *The American Midland Naturalist* 145 (1): 127-136.

- Calcagno V., Mazancourt C. 2010. glmulti: an R package for easy automated model selection with (generalized) linear models. *Journal of Statistical Software* 34 (12): 1-29.
- Cano-Santana Z. 1994a. La Reserva Ecológica del Pedregal como ecosistema: estructura trófica. Págs. 149-158, en Rojo A. (ed.). Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Ángel: ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Cano-Santana Z. 1994b. Flujo de energía a través de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Acrididae) y productividad primaria neta en una comunidad xerófila. Tesis doctoral. Unidad Académica de los Ciclos Profesional y de Posgrado, Colegio de Ciencias y Humanidades y Centro de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Calvete C., Estrada R., Angulo E., Cabezas Ruiz S. 2004. Habitat factors related to wild rabbit conservation in an agricultural landscape. *Landscape Ecology* 19: 531-542.
- Castellanos Morales G. 2006. Sobre el ámbito hogareño y los hábitos alimentarios de un carnívoro en un ambiente suburbano. El cacomixtle (*Bassariscus astutus*) en la Reserva Ecológica "El Pedregal de San Ángel", Ciudad Universitaria, México, D. F. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Ceballos G., Galindo C. 1984. Mamíferos silvestres de la cuenca de México. MAB, México.
- Chapman J. A., Hockman J. G., Ojeda C. M. M. 1980. *Sylvilagus floridanus*. *Mammalian Species* 136: 1-8.
- Cochran G., Stains H. 1961. Deposition and decomposition of fecal pellets by cottontails. *The Journal of Wildlife Management* 25 (4): 432-435.
- Everhardt L., Van Etten R. C. 1956. Evaluation of the pellet group count as a deer census method. *The Journal of Wildlife Management* 20 (1): 70-74.

- Fa J. E., Romero F. J., López Paniagua J. 1992. Habitat use by parapatric rabbits in a Mexican high altitude grassland system. *Journal of Applied Ecology* 29: 357-370.
- Farías-González V. 2011. Conceptos ecológicos, métodos y técnicas para la conservación de conejos y liebres. Págs. 229-248, en: Sánchez O., Zamorano P., Peters Recagno E., Moya H. (eds.). *Temas sobre conservación de vertebrados silvestres en México*. Instituto Nacional de Ecología, México.
- Flinders J. T., Crawford J. A. 1977. Composition and degradation of jackrabbit and cottontail fecal pellets, Texas High Plains. *Journal of Range Management* 30 (3): 217-220.
- Granados-Pérez Y. 2008. Ecología de mamíferos silvestres y ferales de la Reserva Ecológica “El Pedregal”: hacia una propuesta de manejo. Tesis de maestría. Posgrado de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Hortelano Moncada Y., Cervantes F. A., Trejo A. 2009. Mamíferos silvestres. Págs. 277-293, en Lot A., Cano-Santana Z. (eds.). *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- IUCN. International Union for Conservation of Nature. 2008. *Sylvilagus floridanus*. En: IUCN Red List of Threatened Species versión 2013.2. En: <http://www.iucnredlist.org/>, consultado el 16 de febrero de 2014.
- Lyra-Jorge M. C., Ciocheti G., Regina Pivello V., Tadeu Meirelles S. 2008. Comparing methods for sampling large- and medium-sized mammals: camera traps and track plots. *European Journal of Wildlife Research* 54 (4): 739-744.
- Lot A., Camarena P. 2009. El Pedregal de San Ángel de la ciudad de México: reserva ecológica urbana de la Universidad Nacional. Págs. 19-25, en Lot A., Cano-Santana Z. (eds.). *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Universidad Nacional

- Autónoma de México, México.
- Lot A., Pérez Escobedo M., Gil Alarcón G., Rodríguez Palacios S., Camarena P. 2012. La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: atlas de riesgos. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- R Development Core Team. 2015. R. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponible en: <http://www.R-project.org>.
- REPSA, Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. 2014. Portal. En: <http://www.repsa.unam.mx>, consultado el 9 de febrero de 2014.
- Rzedowski J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Ángel. Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas IPN México 8 (1-2): 59-129.
- Shipley L.A., Davila T. B., Thines N. J., Elias B. A. 2006. Nutritional requirements and diet choices of the pygmy rabbit (*Brachylagus idahoensis*): a sagebrush specialist. Journal of chemical ecology. 32: 2455-2474.
- Siebe C. 2009. La erupción del volcán Xitle y las lavas del pedregal hace 1670 +/-35 años AP y sus implicaciones. Págs. 43-49, en Lot A., Cano-Santana Z. (eds.). Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Silvano F., Acquarone C., Cucco M. 2000. Distribution of the Eastern cottontail *Sylvilagus floridanus* in the province of Alessandria. Hystrix: The Italian Journal of Mammalogy 11 (2): 75-78.
- SMN, Servicio Meteorológico Nacional. 2014. En: <http://smn.cna.gob.mx>, consultado el 22 de octubre de 2014.

Venables W. N., Ripley B. D. 2002. Modern applied statistics with S. 4^a ed. Springer, Nueva York.

Vidus Rosin A., Gilio N., Meriggi A. 2008. Introduced lagomorphs as a treat to “native” lagomorphs: the case of the Eastern cottontail (*Sylvilagus floridanus*) in Northern Italy. Págs. 153-165, en: Alves P. C., Ferrand N., Hackländer K (eds.). Lagomorph biology: evolution, ecology and conservation. Springer, Berlín y Heidelberg.

Vidus Rosin A., Meriggi A., Serrano Pérez S. 2010. Density and habitat requirement of introduced Eastern cottontail *Sylvilagus floridanus* in northern Italy. Acta Theriologica 55 (2): 139-151.

Anexo 1

Para determinar la tasa de degradación se realizaron dos muestreos: en época de lluvias y en secas. En el muestreo de lluvias se colocaron pastillas fecales de conejos en bolsas de malla y debajo de coladores en diferentes sustratos (suelo y basalto) (ver Tabla A1.1).

Tabla A1.1. Rasgos de los ensayos de descomposición de pastillas fecales en distintos sustratos de la REPSA.

Dispositivo protector	No. de pastillas por unidad	Sustrato	Réplicas	Tamaño de apertura (mm)
Coladores	50	Suelo	15	3
Coladores	50	Roca	15	3
Bolsas	20	Suelo	18	2
Bolsas	20	Roca	18	2

Los coladores se colocaron de manera invertida cubriendo las pastillas. Las bolsas que contenían las pastillas fueron selladas y se colocaron directamente sobre el sustrato. Este arreglo permitió no confundir las pastillas colocadas originalmente con las que se depositaban posteriormente en el campo. Se recolectó un tercio de las muestras de cada tratamiento cada mes y se midió la pérdida de peso en seco. Después se realizó un ANOVA y se encontró que hubo un efecto significativo del tratamiento sobre el peso remanente, siendo el colador sobre el suelo desnudo el que sufrió mayores pérdidas. Esto se debe a que las bolsas impedían el contacto directo de las pastillas con el suelo y esto impedía la degradación. Así mismo, las pastillas sobre la roca basáltica tardaban más en degradarse. Debido a que las pastillas de forma natural están en contacto directo con el suelo y este es un sustrato más común que la roca se decidió usar como modelo de degradación los resultados de la degradación de las pastillas del colador sobre el suelo. Se realizó un muestreo análogo durante la época de secas, pero esta vez sólo se usaron coladores sobre el sustrato suelo. Después, se calculó la fórmula de degradación (i.e., se estimó

la recta de degradación a partir de puntos obtenidos) para las dos épocas de forma independiente.

Para aplicar estas fórmulas se requiere determinar la fecha en la que se realizó el muestreo y la fecha exacta de transición de una época a otra. Después se hace un cálculo de cuánto tiempo permanecieron las excretas en el campo en cada época. Para esto se calcula la pérdida de peso en seco que se tendría por cada día (según la fórmula de la época en cuestión) y se multiplica por el número de días que paso en esa época; posteriormente, se suma a la pérdida de peso que sufrió en la siguiente época (la fórmula de esa época por los días) hasta llegar a la pérdida de peso del 50%. La cantidad de épocas para un estudio y su duración pueden variar, así como el valor de corte, que en este estudio se consideró como 50% ya que en el caso de una degradación lineal (como la que observamos), el porcentaje de pastillas perdidas después de la fecha de corte es igual al porcentaje de las pastillas que sobreviven de antes de la fecha de corte.

Como fecha de colecta de datos se consideró el 11 de marzo del 2014, ya que esta fecha fue la media de las fechas de colecta y la fecha de cambio de época lluviosa a seca fue el 15 de octubre, ya que en este mes disminuye considerablemente la precipitación en la reserva (datos del servicio meteorológico nacional). Con esto se puede determinar el tiempo que las pastillas estuvieron expuestas a las condiciones de lluvia o sequía. En este caso, las pastillas permanecieron 147 días entre el inicio de la época de secas y la toma de datos. Aplicando la fórmula de degradación en el periodo seco se encontró que en ese periodo las pastillas perdieron el 10.3% de su peso. Después se calculó que para que estas pastillas pierdan el 39.7% del peso restante con la fórmula de degradación del periodo lluvioso se necesitaron 99 días más. Por lo tanto en este trabajo tenemos una degradación del 50% en 246 días, y esto es lo que se considera el tiempo de acumulación (las pastillas acumuladas en el campo se acumularon en estos 246 días).

Anexo 2

Tabla A2.1. Porcentaje de terreno ocupado por los tejidos aéreos de diferentes especies de plantas, así como cada tipo de sustrato en los 50 sitios muestreados. Datos de marzo-mayo, 2014.

Planta o sustrato	Porcentaje total ocupado	Zona núcleo poniente	Zona núcleo oriente	Zona núcleo sur-oriente
Basalto	28.91	23.64	35.33	36.22
<i>Muhlenbergia robusta</i> (Poaceae)	23.74	21.51	29.30	20.76
<i>Buddleja cordata</i> (Loganiaceae)	18.71	13.05	24.38	29.21
<i>Opuntia tomentosa</i> (Cactaceae)	9.90	7.54	15.69	6.91
<i>Melinis repens</i> (Poaceae)	9.82	4.75	17.06	14.55
<i>Pennisetum clandestinum</i> (Poaceae)	9.43	12.61	0.6	15.66
<i>Dahlia coccinea</i> (Asteraceae)	9.28	9.05	8.07	12.80
<i>Cheilanthes bonariensis</i> (Polypodiaceae)	9.13	5.80	13.90	12.21
Suelo desnudo	8.61	11.40	5.45	4.19
Suelo con mantillo	7.17	7.97	7.03	4.29
<i>Buddleja parviflora</i> (Loganiaceae)	5.63	3.45	10.08	4.86
<i>Eucalyptus</i> sp. (Myrtaceae)	4.94	7.93	1.67	0
<i>Echeveria gibbiflora</i> (Crassulaceae)	4.48	3.10	7.18	4.22
<i>Dodonaea viscosa</i> (Sapindaceae)	3.99	5.85	2.37	0
<i>Pittocaulon praecox</i> (Asteraceae)	3.66	2.94	5.24	3.14
<i>Schinus molle</i> (Anacardiaceae)	3.22	4.23	2.83	0
Musgo	2.66	3.56	2.22	0
<i>Phlebodium areolatum</i> (Polypodiaceae)	2.48	2.63	2.52	1.79
<i>Montanoa tomentosa</i> (Asteraceae)	2.35	2.37	2.97	0.91
<i>Wigandia urens</i> (Hydrophyllaceae)	2.09	0.87	4.00	2.86
<i>Verbesina virgata</i> (Asteraceae)	1.82	2.34	0.43	2.72

Tabla A2.1. (Continúa).

Planta o sustrato	Porcentaje total ocupado	Zona núcleo poniente	Zona núcleo oriente	Zona núcleo sur-oriente
<i>Cissus sicyoides</i> (Vitaceae)	1.58	1.84	1.84	0.04
<i>Manfreda scambra</i> (Agavaceae)	1.54	1.11	1.54	3.29
<i>Agave salmiana</i> (Agavaceae)	1.28	1.51	0.47	2.14
<i>Stevia ovata</i> (Asteraceae)	1.24	2.08	0.25	0
<i>Piqueria trinervia</i> (Asteraceae)	1.13	1.26	1.42	0
<i>Rubus</i> sp. (Rosaceae)	0.98	1.76	0	0
<i>Leonotis nepetifolia</i> (Labiatae)	0.16	0.19	0.03	0.32
<i>Mammillaria magnimmamma</i> (Cactaceae)	0.05	0.05	0.08	0