



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Ciencias

**Monitoreo de las actividades de la fauna de vertebrados en dos zonas
sujetas a restauración en la Reserva del Pedregal de San Ángel, D.F.
(México)**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

PRESENTA

Miriam San José Alcalde

Director de tesis: Dr. Zenón Cano Santana

2010



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar a mi madre, Begoña, que siempre me ha apoyado en todo lo que he realizado y que gracias a ella soy la persona que soy. También quisiera agradecer a mi tío Juan Luis, que gracias a él pude terminar mis estudios de licenciatura. A María de la Garma por ser una excelente persona y amiga, y por apoyarme tanto moralmente así como en el trabajo de campo.

De manera muy especial doy gracias a la Biól. Adriana Garmendia Corona, por ser más que una compañera en el campo, la codirectora de esta tesis y, además, una gran amiga. El compartirme su experiencia en las técnicas de muestreo y su conocimiento de la fauna de la REPSA fue vital para la realización de este trabajo.

Al Dr. Zenón Cano Santana por recibirme en su proyecto de restauración... no hay palabras que expresen la profunda gratitud y respeto que siento por él.

A PAPIME por el apoyo al proyecto "Regeneración ecosistémica de áreas de vegetación natural de Ciudad Universitaria y su Reserva Ecológica sujetas a Restauración" PE204809, con el cual me fue otorgada una beca.

Agradezco a los miembros del jurado: Dr. Adolfo G. Navarro Sigüenza, Dr. Fernando A. Cervantes Reza, Dra. María del Coro Arizmendi Arriaga y M. en C. Pedro Eloy Mendoza Hernández, por su ayuda en la revisión de la tesis.

Al Dr. Antonio Lot por facilitar los permisos y préstamo de trampas para el trabajo en la REPSA.

A Noé Pacheco por guiarme en el estudio de los vertebrados y enseñarme técnicas de captura e identificación. Al M. en C. Carlos Juárez, a la M. en C. Guadalupe López Campos y al técnico laboratorista Jesús García Sifuentes, de los laboratorios de Vertebrados Terrestres, de Acarología y de Paleobiología de la Facultad de Ciencias por facilitarme sus instalaciones y equipo para revisar mis muestras.

A los profesores del taller que revisaron mi escrito: Iván Castellanos, Cony Martínez, Jordan Golubov, Gisela Aguilar e Irene Pisanty. A Víctor López le agradezco especialmente su ayuda en los análisis estadísticos.

Al Biól. Marco Romero Romero, por su apoyo técnico en el equipo de cómputo del Grupo de Ecología de Artrópodos Terrestres.

A todos mis amigos que ayudaron en mis muestreos: Adriana, María, Georgina, Daniela, Itzel, Ixchel, Gabriela, Julio, Nikolay y Esaú.

A todos mis amigos por darme siempre la motivación para seguir adelante: Paul, Montse, Lilo, Cristian, Daniela, Fer, Wendy, Linda, Viri, Ceci, Miguel, Paola, Paulina, Silvina, Mónica, Magda, Gaby, Marisa, Lorena, Rodrigo, Joshua, Adán, Santi, Cosmo, Jacky, Chelita, Claudia, José León, Juan José, Lupita, Isable y Emmanuel. A todos los quiero.

Finalmente, quisiera agradecer a la UNAM, por ser mi segunda casa, ofrecerme un espacio en sus aulas y formarme de manera integral. Es un orgullo para mí pertenecer a esta institución.

ÍNDICE

Resumen

I INTRODUCCIÓN

1.1	Restauración ecológica	7
1.2	Sucesión ecológica	9
1.3	La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) y sus fuentes de deterioro ambiental	11
1.4	Antecedentes de restauración ecológica en la REPSA.	15
	1.4.1 Zona de amortiguamiento A8	16
	1.4.2 Zona de amortiguamiento A11	18
1.5	Los vertebrados de la REPSA	19
	1.5.1 Anfibios y reptiles	20
	1.5.2 Aves	21
	1.5.3 Mamíferos	21
1.6	La importancia del monitoreo durante la restauración ecológica	23
II	OBJETIVOS E HIPÓTESIS	25
III	SITIO DE ESTUDIO	26

IV	MÉTODOS	
4.1	Anfibios y reptiles	31
4.2	Aves	31
4.3	Mamíferos	32
V	RESULTADOS	34
5.1	Anfibios y reptiles	35
5.2	Aves	36
5.3	Mamíferos	44
	5.3.1 Mamíferos pequeños	45
	5.3.2 Mamíferos medianos	47
VI	DISCUSIÓN	50
6.1	Herpetofauna	50
6.2	Aves	52
6.3	Mamíferos	54
6.4	Crítica al monitoreo	54
6.5	Propuestas para la restauración	55
6.6	Conclusiones	57

LITERATURA CITADA

Anexo

SAN JOSÉ-ALCALDE, M. 2010. Monitoreo de las actividades de la fauna de vertebrados en dos sitios sujetos a restauración en la Reserva del Pedregal de San Ángel, D.F. (México). Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 74 pp.

Resumen

La restauración ecológica busca recuperar los atributos de un ecosistema dañado. En todo proyecto de restauración es necesario llevar a cabo un monitoreo para su evaluación y ejecución, es por ello que en este estudio se realizó uno de la fauna de vertebrados en dos zonas sujetas a restauración (noreste de A8 y sureste de A11) y en una zona conservada de referencia (ZR) en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA). Se encontró un total de 96 especies de vertebrados (un anfibio, cuatro reptiles, 79 aves y 12 mamíferos). La herpetofauna registrada fue 4, 4 y 3 especies en A8, A11 y ZR, respectivamente; la riqueza específica de aves fue 62, 64 y 62 especies; en tanto que de mamíferos se registraron 10, 8 y 7 especies, en las mismas zonas. El índice de similitud de Jaccard para las comunidades de vertebrados nativos fue mayor entre A11 y ZR ($IS_J = 69.4$), esto se explica por la cercanía física de ambos sitios. La mayor riqueza específica de A8 y A11 con respecto a ZR puede deberse a las circunstancias de disturbio generado por las actividades humanas que afectaron y afectan estas zonas, así como al proceso de recuperación al que están sujetas. Las acciones de restauración ecológica han contribuido a proporcionar un medio donde se facilitan las actividades de vertebrados en las zonas, esta actividad es un indicador del proceso de recuperación del sistema. Por ello, es necesario que

continúen estas acciones y el monitoreo de los vertebrados para recuperar con mayor amplitud la funcionalidad del ecosistema.

I INTRODUCCIÓN

1.1 Restauración ecológica

La restauración ecológica es la serie de actividades que van encaminadas a iniciar o acelerar la recuperación de un ecosistema en cuanto a su salud, integridad y sostenibilidad, cuando éste ha sido degradado, dañado o destruido como resultado de las actividades del hombre; su objetivo pretende retornar un ecosistema a su trayectoria histórica (SER, 2009). Las condiciones históricas constituyen un punto de referencia para determinar una meta adecuada de restauración, de modo que elementos y atributos de un ecosistema conservado pueden servir como modelo y posteriormente como base para la evaluación del proyecto (SER, 2009).

Las intervenciones humanas en el contexto de la restauración ecológica varían en función de la extensión y duración de la perturbación, así como de las condiciones culturales y económicas del lugar donde se lleve a cabo el proyecto (SER, 2009). En cualquier actividad de restauración, resulta básico eliminar o minimizar la fuente de disturbio, ya que esto es de suma importancia para que las comunidades originales puedan restablecerse por procesos de sucesión natural a partir de poblaciones remanentes (Primack y Massardo, 2001). Sin embargo, el

proceso de sucesión secundaria puede ser lento y azaroso, si el ecosistema ha perdido su capacidad de regresar por si mismo (resiliencia) a su estado pre-disturbio. Bajo esta situación la recuperación de un ecosistema puede requerir de la reintroducción de especies nativas y la eliminación o control de especies exóticas dañinas (SER, 2009). La reintroducción intencional de especies vegetales nativas en los ecosistemas terrestres favorece, además, la recuperación de la fertilidad del suelo, la generación de microclimas favorables para otras especies y una recuperación del ciclo hidrológico preexistente, así como el restablecimiento de parte de la flora y fauna de fases sucesionales tardías (Vázquez-Yanes y Batis, 1996; González-Zertuche *et al.*, 2000; SER, 2009). En particular, la creación de microhábitats da como resultado un incremento en la colonización de la fauna nativa, la cual juega un papel muy importante en la recuperación de procesos que aceleran el trabajo de restauración: el acondicionamiento del suelo, el ciclaje de nutrientes, la dispersión de semillas, la polinización y el control de poblaciones nocivas (Tucker, 2000). Un factor que se debe considerar para la restauración de las poblaciones animales es el flujo de individuos desde los hábitats aledaños al sitio en restauración, ya que el aislamiento de un sitio puede interferir en la colonización de la fauna nativa (Parker, 1997).

El éxito de la restauración ecológica depende de varios factores: ecológicos, económicos, culturales y sociales; así como el grado de alteración de distintos componentes clave de los ecosistemas, además de la hidrología, la geomorfología y el suelo; la resiliencia y la disponibilidad de semillas, entre otros

(Primack y Massardo, 2001). Según Zamora (2002), cualquier proceso de restauración debe plantear los siguientes aspectos fundamentales:

1. Diagnóstico de la situación actual del ecosistema degradado.
2. Definición del ecosistema hacia el que se pretende reconducirlo.
3. Formulación de los objetivos y la planificación de las acciones que favorezcan la recuperación.
4. Seguimiento a fin de comprobar el grado de similitud con los objetivos y continuar con la restauración o reajustar los métodos.
5. Monitoreo y evaluación del ecosistema en restauración con relación a ecosistemas conservados.

Todos los puntos son relevantes, pero en especial el último resulta muy importante para llevar a cabo actividades de restauración, ya que gracias a él se puede evaluar el proyecto a corto, mediano y largo plazo; además de ajustar los procedimientos de intervención mediante la estimación del progreso de la restauración en relación a las metas acordadas (Hobbs y Norton, 1996; Antonio-Garcés, 2008, SER, 2009).

1.2 Sucesión ecológica

Entre los procesos que se pretenden acelerar con la restauración se encuentra la sucesión ecológica. La sucesión ecológica es la columna vertebral de la restauración ecológica (Hobbs y Norton 1996), es el patrón de cambios direccionales de la composición y estructura de una comunidad después de un

disturbio (Whittaker, 1953; Horn, 1974). Dependiendo del nivel de disturbio, la sucesión ecológica se clasifica como primaria y secundaria. La sucesión primaria se presenta en sitios donde ha ocurrido un disturbio catastrófico que acabó con toda la comunidad y el suelo, como en los derrames de lava (Platt y Connell, 2003), mientras que la sucesión secundaria hace referencia a sitios donde existen vestigios de una comunidad previa (Begon *et al.*, 2006).

La sucesión ecológica de los ecosistemas terrestres ha sido descrita esencialmente en función de las plantas, ya que éstas proveen el punto de partida para todas las cadenas alimentarias y determinan gran parte de las características ambientales físicas donde viven los animales (Begon *et al.*, 2006). Generalmente se acepta que los animales no encuentran condiciones favorables para colonizar nuevos hábitats si en éstos no existen plantas (Cano-Santana y Meave, 1996). Se ha visto que después de que un sitio presenta las condiciones adecuadas para la colonización animal, la densidad de la vegetación determina qué especies animales pueden habitarlo (Fox *et al.*, 2003). Aún así, numerosas facetas de la sucesión incluyen animales, ya que éstos son afectados por la edad sucesional o bien, sus actividades pueden determinar de distinta manera la dirección sucesional (Tucker, 2000).

1.3 La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y sus fuentes de deterioro ambiental

La Reserva del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria (en lo sucesivo, REPSA o Reserva del Pedregal) está ubicada al suroeste de la Ciudad de México, y en ella se protege cerca del 6% del matorral xerófilo de *Pittocaulon praecox* (Cav.) H. Rob. *et* Brettell (= *Senecio praecox*) que se asentó en el derrame de lava del volcán Xitle, ocurrido hace 1670 ± 35 años, y que ocupaba una extensión original de 80 km^2 (Rojo, 1994; Siebe, 2000). Hoy día sólo quedan varios fragmentos de pedregal, bajo distintos estatus de conservación, pero la mayoría del derrame (cerca del 84% del área original) ha sido cubierto por la mancha urbana de la Ciudad de México (Cano-Santana *et al.*, 2006).

La REPSA resguarda un ecosistema de gran valor para la conservación de la biodiversidad (Álvarez *et al.*, 1982; Castillo-Argüero *et al.*, 2004, 2007), ya que cuenta con una importante riqueza de especies (Rojo, 1994; Castillo-Argüero *et al.*, 2004; Lot y Cano-Santana, 2009; ver cuadro 1). Como parte de la Reserva, existen dos sitios con cuerpos de agua (el Jardín Botánico y la Cantera Oriente) que permiten el establecimiento de una mayor riqueza de especies (Lot y Cano-Santana, 2009). La reserva ofrece diversos servicios ambientales tales como la recarga de acuíferos, el ciclaje de nutrientes, la producción primaria, la producción de O_2 , y el aprovisionamiento de un reservorio de parte de la biota del Valle de México y de un paisaje con una belleza estética única (Nava-López *et al.*, 2009). Álvarez *et al.* (1982) explican la gran biodiversidad de este sitio por dos causas principales: 1) la presencia de una gran cantidad de microhábitats que provee su

topografía accidentada constituida por sitios planos, grietas, hoyos, cuevas, hondonadas y promontorios rocosos; y 2) su ubicación geográfica, dentro de la Zona de Transición Mexicana, en el Eje Volcánico Transmexicano (Halffter, 1978).

Desafortunadamente, el área de la reserva ha estado, desde antes de su creación y hasta la fecha, sujeta a disturbios de diversa índole, tales como la acumulación de basura, la construcción de caminos e infraestructura y la introducción de fauna y flora exóticas (Valiente-Banuet y de Luna, 1990; Segura-Burciaga, 1995; Cano Santana y Meave, 1996; Segura-Burciaga y Meave, 2001; Lot y Cano-Santana, 2009), incendios (Martínez-Mateos, 2001; Martínez-Orea, 2001, Juárez-Orozco y Cano-Santana, 2007) y el saqueo de especies (Cano-Santana *et al.*, 2008).

Cuadro 1. Riqueza de especies por grupo taxonómico de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel.

Grupo	Nº de especies	Referencia
Líquenes	30	Herrera-Campos y Lücking (2009)
Musgos	48	Delgadillo y Cárdenas (2009)
Plantas vasculares	377	Castillo-Argüero <i>et al.</i> (2009)
Hongos	43	Valenzuela <i>et al.</i> (2009)
Artrópodos	817	Rueda-Salazar y Cano-Santana (2009)
Vertebrados	214	Lot y Cano-Santana (2009)

Un disturbio es definido como un evento discreto que modifica la disponibilidad de recursos y el medio físico dentro de las poblaciones, las comunidades o los ecosistemas (Begon *et al.* 2006). En la reserva, dos de los disturbios que más han afectado al ecosistema del Pedregal son 1) el

recubrimiento del sustrato basáltico con materiales diversos (entre los que se encuentra el cascajo y los desechos de jardinería; Castellanos-Vargas, 2001) y 2) la introducción de eucaliptos y la extracción de cantera. Contrastes fisonómicos de la vegetación son evidentes debido a lo anterior: mientras que en las áreas conservadas de la REPSA dominan especies como *Muhlenbergia robusta* Hitchc., *Verbesina virgata* Cav., *Buddleia cordata* H. B. K., *Dahlia coccinea* Cav., *Echeveria gibbiflora* DC., *Manfreda scabra* Cav. (= *M. brachystachya*), *Pittocaulon praecox*, *Cissus sicyoides* L., *Buddleia parviflora* Kunth, *Eupatorium petiolare* Moc. et Sessé ex DC., *Dodonaea viscosa* (L.) Jacq. y *Eysenhardtia polystachya* (Ort.) Sarg., entre otras (Cano-Santana, 1994), en las zonas sometidas a extracción de cantera dominan *B. cordata* en el estrato arbóreo y el pasto “kikuyo”, *Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov, en el herbáceo (L.B. Hernández-Herrerías, com. pers.). Este pasto, al parecer, favorece la incidencia de incendios debido a que acumula gran cantidad de materia orgánica durante la temporada de secas (Juárez-Orozco y Cano-Santana, 2007), altera el funcionamiento hidrológico al cambiar la dirección, retención y magnitud del agua (Rincón *et al.*, 2005) y favorece el incremento en la abundancia de las poblaciones del chapulín *Sphenarium purpurascens* Charpentier (Castellanos-Vargas, 2001). En las zonas cubiertas de cascajo y desechos de jardinería, la comunidad vegetal se ha visto desplazada por el “kikuyo” y la “maravilla” (*Mirabilis jalapa* L.; Cecaíra-Ricoy, 2004), así como otras plantas ruderales, entre ellas el ricino (*Ricinus communis* L.), el tabaquillo (*Nicotiana glauca* Graham) y el mastuerzo (*Tropaeolum majus* L.; Antonio-Garcés *et al.*, 2009).

Otro aspecto importante del deterioro del ecosistema de la Reserva del Pedregal es la presencia de al menos dos especies de eucaliptos (*Eucalyptus globulus* Labill y *E. camaldulensis* Dehn). Espinosa-García (1996) registra que los extractos o lixiviados de hojas, corteza, hojarasca y semillas de varias especies de eucalipto contienen sustancias aleloquímicas capaces de afectar negativamente a varias especies de plantas, bacterias fijadoras de nitrógeno y hongos micorrízicos. Asimismo, discute que muchas de estas sustancias son muy solubles en agua y pueden concentrarse en el suelo inhibiendo la germinación y el crecimiento de varias especies de plantas. El eucalipto se introdujo en 1951 a Ciudad Universitaria en terrenos que ahora son parte de la actual REPSA (Segura-Burciaga, 1995). La población de *E. camaldulensis* creció a una tasa promedio anual de 9.2% durante 33 años, cubriendo una extensión cercana al 8% del área de la Reserva (Segura-Burciaga, 1995). Segura-Burciaga y Meave (2001) demostraron que la riqueza específica de especies nativas en la REPSA es más alta en sitios sin eucaliptos que la encontrada en los sitios afectados por estos árboles, y que la remoción de eucaliptos parece cambiar de manera inmediata el paisaje del sotobosque, pues las coberturas de plantas de especies nativas se incrementan en mayor proporción al de las plantas arvenses (con comportamiento de maleza) durante la temporada de lluvias.

1.4 Antecedentes de restauración ecológica en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel

Desde 2005, el grupo de Ecología de Artrópodos Terrestres del Departamento de Ecología y Recursos Naturales de la Facultad de Ciencias de la UNAM inició una serie de actividades encaminadas a restaurar las áreas de amortiguamiento deterioradas de la REPSA y a monitorear, a largo plazo, los cambios registrados en la dominancia, composición y diversidad de la comunidad vegetal (Antonio-Garcés, 2008), así como en la abundancia de artrópodos y vertebrados dominantes en el ecosistema. Lo anterior, teniendo como base las siguientes premisas para restaurar los ecosistemas terrestres que alberga la REPSA (Antonio-Garcés *et al.*, 2009): (1) eliminar la fuente de disturbio; (2) extraer elementos extraños al ecosistema, tales como desechos orgánicos e inorgánicos; (3) recuperar el sustrato basáltico, ya sea por limpieza o por adición; (4) eliminar los elementos vegetales exóticos, sobre todo eucaliptos y pasto kikuyo; y (5) introducir especies vegetales nativas. Los objetivos de estas acciones son: (1) recuperar el sustrato volcánico original y volverlo apto para la colonización de especies nativas, (2) reducir la presencia de especies exóticas y arvenses, (3) reducir el riesgo de incendios, (4) recuperar la diversidad vegetal y el paisaje originales, y (5) restablecer la red trófica del ecosistema.

A continuación se detallan las acciones de restauración en dos zonas de la REPSA.

1.4.1 *Zona de Amortiguamiento A8*. La zona noreste del área de amortiguamiento A8, conocida como “Biológicas”, ha mantenido una gran dominancia de eucaliptos desde la década de los 50’s (Segura-Burciaga, 1995) y ha estado sujeta desde 1974 a la acumulación de desechos de jardinería (P. Rodríguez, com. pers.), así como de cascajo y desechos inorgánicos (Antonio-Garcés *et al.*, 2009). El recubrimiento del sustrato basáltico facilitó al crecimiento masivo del pasto “kikuyo”, (*P. clandestinum*) y de la maravilla (*Mirabilis jalapa*). Las acciones de restauración que se han estado llevando a cabo en dicha zona desde 2005, son principalmente la extracción y control de eucaliptos; la extracción de desechos orgánicos, basura inorgánica y cascajo; la recuperación del sustrato volcánico, así como la introducción de plántulas nativas. Estas actividades de restauración ecológica, fueron llevadas a cabo por J. Antonio-Garcés (de abril a noviembre de 2005), M. Peña-Mendoza (de septiembre de 2006 a abril de 2007) (Antonio-Garcés *et al.*, 2009), E. Saucedo-Morquecho (com. pers., de marzo a octubre de 2008), M. Ayala-López de Lara (com. pers., de enero a diciembre de 2009) y R. Muñoz (com. pers., de marzo de 2010 a la fecha), según se expone a continuación.

En este sitio se han organizado a la fecha 21 jornadas de restauración, con la participación voluntaria principalmente de estudiantes de la Facultad de Ciencias. Éstas actividades consisten en el retiro manual y con herramientas del material de desecho, plantas exóticas (eucaliptos, pasto kikuyo, maravilla y ricino), y basura inorgánica del sitio. Estas jornadas se han llevado a cabo desde el 23 de abril de 2005 a abril de 2010. Al inicio se registraron en la zona 74 eucaliptos, de

los cuales fueron removidos 62 (83.7% del total) del 11 al 14 de julio de 2005. De acuerdo con Antonio-Garcés *et al.* (2009), la remoción de eucaliptos en A8 provocó una disminución en su cobertura de 48.0 a 3.8%, lo cual permitió el aumento de la cobertura relativa de *P. clandestinum*, *Montanoa tormentosa* Cerv. y *Buddleia cordata*, además de otras plantas tanto arvenses como no arvenses. En este sitio el control de la planta arvense *M. jalapa* redujo su cobertura de 6.4 a 3.6% en 14 meses.

La zona A8 experimentó una reducción en la cobertura de plantas exóticas de 73.9 a 33.2%. Las plantas arvenses experimentaron un incremento de 0.3 a 17.9%. Entre agosto y septiembre de 2005, se introdujeron en la zona 430 plántulas de especies nativas y, en 11 meses (entre agosto de 2005 y julio de 2006), se registró una supervivencia del 7.7% de las plántulas introducidas. M. Peña-Mendoza, E. Saucedo-Morquecho y M. Ayala-López de Lara adicionalmente recuperaron más de 100 m² de sustrato basáltico original. En julio del 2006 se introdujeron 584 plántulas nativas, de las cuales 60 sobrevivieron (10.27%) al año siguiente. Además, se sembró al voleo semillas de *Muhlenbergia robusta* y en septiembre de 2009 se plantaron seis plántulas de encinos (*Quercus* sp.) en la parte central de la zona y 12 en los bordes, con la finalidad de proveer hábitat para otras especies, ya que se ha observado que éstos presentan plantas epífitas y ofrecen refugio a artrópodos y vertebrados (Z. Cano-Santana, com. pers.). Se ha reportado la presencia del ratón piñonero (*Peromyscus gratus* Merriam) y del ratón doméstico (*Mus musculus* Waterhouse), por lo que se ha considerado innecesaria la reintroducción del primero y se ha sugerido un programa de control del

segundo. Asimismo, se ha registrado la presencia de dos especies de artrópodos importantes en las cadenas alimentarias: el chapulín *Sphenarium purpurascens* y la araña *Neoscona oaxacensis* Keyserling.

1.4.2 Zona de amortiguamiento A11. La zona sureste del área de amortiguamiento A11 (Vivero Alto) de la REPSA sufrió entre diciembre de 2004 y enero de 2005 un proceso de destrucción por la remoción de toda la cubierta vegetal, extracción de cantera y el posterior relleno de la zona y aplanamiento, debido a que se proyectó la construcción de un estacionamiento que finalmente fue cancelado (Antonio-Garcés *et al.*, 2009; M. Villeda-Hernández, com. pers.). En 2005 se iniciaron las labores de restauración a petición del Comité Técnico de la Reserva. Éstas consistieron en la extracción del material de relleno (entre el 4 y el 11 de marzo), la adición de roca basáltica (entre el 12 y el 22 de marzo) y la limpieza del área para la eliminación de desechos inorgánicos y materiales no consolidados que contenían rizomas del pasto kikuyo, *P. clandestinum*. A pesar de las acciones anteriores, no se logró la eliminación total de dichos materiales por lo que se han organizado en la zona 13 jornadas de restauración ecológica entre octubre de 2006 y abril de 2009 (Antonio-Garcés *et al.*, 2009; E. Valdez-Del Ángel, com. pers.; G. González-Rebeles, com. pers.). En estas jornadas, además del retiro de materiales no consolidados y de desecho, se llevó a cabo la extracción de plantas exóticas, entre las cuales se encuentran principalmente *P. clandestinum*, *R. communis* y *E. camaldulensis* (M. Villeda-Hernández, com. pers.). A partir de 2008 se implementó un programa de control de *P. clandestinum*, *B. cordata*, la exótica *N. glauca* y el arbusto ruderal *Wigandia urens* (Ruíz et Pav.) Kunth, con el

fin de facilitar la colonización y establecimiento de una mayor diversidad de plantas. Las actividades de restauración han corrido a cargo de M. Villeda-Hernández (de octubre de 2006 a mayo de 2007), I. Camarena-Osorno (de abril a junio de 2008), E. Valdez-Del Ángel (de octubre de 2008 a abril de 2009; com. pers.) y G. González-Rebeles (de agosto de 2009 a la fecha). Los resultados más importantes hasta el momento son: la adición de rocas basálticas que han favorecido la dominancia relativa de *Phytolacca icosandra* L. y *Eucalyptus camaldulensis*. De igual forma, la cobertura relativa de las plantas no arvenses se ha incrementado de 26.6 a 40.5% y de arvenses de 4.5 a 9.6%, mientras que las plantas exóticas han disminuido su cobertura de 57.6 a 47.8%. En contraste, en la zona conservada de referencia (ZR) la cobertura de plantas no arvenses se ha mantenido por encima del 80%, manteniendo baja cobertura de las plantas exóticas. Se ha enriquecido la sucesión secundaria con la siembra directa de especies sucesionalmente tardías como los encinos (*Quercus* sp.). Se reportó en 2007 la presencia de los ratones *P. gratus* y *M. musculus*, así como de los chapulines *S. purpurascens* y las arañas *N. oaxacensis*. La presencia de *M. musculus* indica que el sitio está perturbado por actividades humanas (Garmendía-Corona, 2009).

1.5 Los vertebrados de la REPSA

La fauna registrada en el Pedregal de San Ángel cuenta con 30 especies de anfibios y reptiles (Méndez-de la Cruz *et al.*, 2009), 148 especies de aves (Chávez y Gurrola, 2009) y 33 especies de mamíferos (Hortelano-Moncada *et al.*, 2009).

1.5.1 *Anfibios y reptiles*. La herpetofauna del derrame del Pedregal de San Ángel, está conformada por cuatro órdenes y dos clases, lo cual representa el 60% de la herpetofauna registrada para el Valle de México (Méndez-de la Cruz *et al.*, 2009). Esta gran riqueza específica se debe a las características en la estructura física y de vegetación de la zona, que conllevan a la presencia de diversos microhábitats que pueden ser explotados por la herpetofauna del Pedregal (Méndez-de la Cruz *et al.*, 2009).

De las siete especies de anfibios, seis son de hábitos terrestres, y solamente la rana introducida *Lithobates montezumae* Baird es acuática, por lo que sólo se encuentra en las pozas del Jardín Botánico y en la Cantera Oriente (Méndez-de la Cruz *et al.*, 2009). Asimismo, se reportan seis especies de serpientes, entre las cuales la más abundante es la serpiente de cascabel *Crotalus molossus* Baird y Girard y tres especies de lagartijas: *Sceloporus torquatus* Wiegmann, *Sceloporus grammicus* Wiegmann y *Phrynosoma orbiculare* Linnaeus (Carrillo-Trueba, 1995).

De las 30 especies de anfibios y reptiles presentes en la REPSA, 25 son nativas y cinco introducidas (Méndez-de la Cruz *et al.*, 2009). Considerando solamente las especies nativas es importante mencionar que 16 de ellas (64%) cuentan con alguna categoría de protección dentro de la Norma Oficial Mexicana (2001). En el grupo de los reptiles seis especies se encuentran en la categoría de “protección especial” (*Barisia imbricata* Wiegmann, *S. grammicus*, *Salvadora bairdi* Jan, *Crotalus molossus*, *Crotalus ravus* Cope y *Crotalus triseriatus* Wagler) y cinco

especies están dentro de la categoría de “amenazada” (*P. orbiculare*, *Pituophis deppei* Duméril, *Thamnophis cyrtopsis* Kennicott, *Thamnophis eques* Kennicott, y *Conopsis biserialis* Taylor y Smith). El 70% de las especies reportadas en esta área son endémicas de México (Méndez-de la Cruz *et al.*, 2009).

1.5.2 Aves. Chávez y Gurrola (2009) hicieron una revisión reciente de la avifauna, en donde reportan que la REPSA alberga 148 especies de aves, 84 residentes (57%) y 64 migratorias (43%), distribuidas en 14 órdenes y 37 familias.

La riqueza ornitológica de la Reserva del Pedregal probablemente es un reflejo de la estructura de su vegetación y la alta heterogeneidad. Esta riqueza representa un 45% de la avifauna metropolitana, un porcentaje elevado comparativamente con otras áreas verdes de la ciudad (Chávez y Gurrola, 2009).

A pesar de la urbanización, alrededor de la reserva Chávez y Gurrola (2009) distinguen tres hábitats importantes para este grupo de vertebrados: el terrestre, el acuático (en la zona de la Cantera Oriente) y el relacionado con los ambientes artificiales; en este último caso se encuentran las áreas del Jardín Botánico y del Vivero Alto.

1.5.3 Mamíferos. El número total de especies de mamíferos nativos registrados para la REPSA es de 33, agrupadas en 28 géneros, 15 familias y seis órdenes (Hortelano-Moncada *et al.*, 2009). El Orden Rodentia (roedores) son los mamíferos mejor representados, con cuatro familias, nueve géneros y 13 especies (39.5%), le siguen los murciélagos (Orden Chiroptera) con cuatro familias, 11 géneros y 12 especies (36.5%); el Orden Carnivora (carnívoros), por su parte, está

representado por cuatro familias, cinco géneros y cinco especies (15%); además, se registra una especie de musaraña, una de tlacuache y una de conejo, pertenecientes a los Órdenes Soricomorpha, Didelphimorphia y Lagomorpha, respectivamente (Hortelano-Moncada *et al.*, 2009).

Del total de los mamíferos terrestres registrados para el Distrito Federal (Ramírez-Pulido *et al.*, 1986), la REPSA registra 75% de los órdenes, 88% de las familias, 61% de los géneros y 52% de las especies. Respecto a la Cuenca de México (López-Forment, 1989), la reserva cuenta con 75% de los órdenes, 83% de las familias, 67% de los géneros y 39% de las especies. Con respecto al país (Ramírez-Pulido *et al.*, 2005) tiene 50% de los órdenes, 44% de las familias, 18% de los géneros y 7% de las especies.

Además, la REPSA presenta especies de mamíferos endémicos de México y especies incluidas en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-ECOL-2001, como *Leptonycteris curasoae yerbabuena* Martínez y Villa, *Choeronycteris mexicana* Tschudi y *Myotis velifer velifer* J.A. Allen (Hortelano-Moncada *et al.*, 2009).

El ratón *Peromyscus gratus* es un roedor muy importante en la Reserva, debido, principalmente, a que es el mamífero pequeño más abundante ya que alcanzan un número de 50 a 55 ind/ha (Chávez y Ceballos, 1994; Granados, 2008; Hortelano-Moncada *et al.*, 2009). También forma parte importante de la cadena trófica al ser presa de mamíferos nativos y exóticos de mayor tamaño (Granados, 2008; Hortelano-Moncada *et al.*, 2009).

En la REPSA se han detectado algunos animales ferales y exóticos como la rata de caño (*Rattus norvegicus* Berkenhout), el ratón doméstico (*Mus musculus*), el gato doméstico (*Felis catus*) y el perro doméstico (*Canis familiaris*), los cuales representan una amenaza para la fauna nativa al ser transmisores de enfermedades (Álvarez-Romero *et al.*, 2008).

Mus musculus es una especie con una distribución amplia y una tasa elevada de reproducción; causa severos problemas en la salud pública, la agricultura, en las casas habitación y representa un serio riesgo para la salud humana y animal, silvestre y doméstica (Cruz-Reyes, 2009).

1.6 La importancia del monitoreo durante la restauración ecológica

En un proyecto de restauración no sólo es importante restaurar la cubierta vegetal, también hay que recuperar las interacciones bióticas y abióticas que favorezcan el funcionamiento del ecosistema a largo plazo. La Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica (SER, 2009) proporciona una lista de nueve atributos que deben poseer los ecosistemas restaurados y que son motivo de monitoreo: (1) diversidad y estructura de la comunidad similar a los ecosistemas de referencia, (2) presencia de especies nativas, (3) presencia de grupos funcionales para el desarrollo y estabilidad, (4) capacidad del ambiente físico para sostener poblaciones reproductivas, (5) funcionamiento normal, (6) integración con el paisaje, (7) eliminación de las amenazas potenciales, (8) resiliencia y (9) autosustentabilidad. Estos atributos son buenos indicadores de los logros de la

restauración (SER, 2009). De acuerdo con Zamora, (2002), el seguimiento de estos indicadores implica un monitoreo. El monitoreo como el conjunto de procedimientos tendientes a describir las características de un área silvestre y a evaluar sistemáticamente las condiciones pasadas y actuales de los ecosistemas (Sarmiento, 2000). Estas evaluaciones sistemáticas y periódicas deben estar enfocadas a las variables de estado o indicadores que reflejen la dinámica de un sistema, las cuales nos ayudan a generar hipótesis y también a evaluar los resultados de los tratamientos a través del tiempo (Villaseñor-Gómez y Santana, 2003) con el fin de desarrollar estrategias para el manejo adecuado de los recursos de un área dada (Sarmiento, 2000).

De acuerdo con Antonio-Garcés (2008) en la Reserva del Pedregal es necesario llevar a cabo el monitoreo a mediano y largo plazo para determinar el avance en la recuperación del ecosistema. En el presente trabajo se pretende iniciar con el monitoreo de la fauna de vertebrados en tres zonas de la Reserva: dos zonas de amortiguamiento sujetas a restauración ecológica y una zona conservada de referencia ubicada en una zona núcleo. Lo anterior, con la finalidad de conocer las actividades que dicha fauna realiza en las zonas y señalar si las acciones de restauración están ayudando a la integración de la fauna nativa dentro de los sitios.

II OBJETIVOS E HIPÓTESIS

El objetivo principal de este trabajo fue conocer la fauna de vertebrados y sus actividades en dos zonas sujetas a acciones de restauración en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. El objetivo particular, derivado del objetivo anterior, fue comparar estos atributos de la fauna de vertebrados con los de una zona conservada de referencia localizada en una zona núcleo.

Se hipotetiza que si las zonas sujetas a restauración han recuperado parte de su funcionalidad se espera que haya actividad (forrajeo, defecación, apareamiento o residencia) de la fauna nativa. Asimismo, si las acciones de restauración ecológica han sido favorables para la recuperación de los sitios, entonces los índices de diversidad y la composición de especies serán similares a los de la zona de referencia (ZR). Dado que la zona A11 está integrada a la Zona Núcleo Poniente y la zona A8 se encuentra aislada, la primera será más similar a la ZR en contraste con la más aislada, en términos de la composición, la abundancia y la diversidad de sus comunidades faunísticas.

III. SITIO DE ESTUDIO

La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) se encuentra en el suroeste de la cuenca del Valle de México (19°18'31''-19°19'17'' norte, 99°10'20''-99°11'52'' oeste, 2300 m s.n.m.), dentro del *campus* principal de la Universidad Nacional Autónoma de México, en la Delegación Coyoacán, Distrito Federal (UNAM, 2005; Fig. 3.1). Su clima es templado subhúmedo con régimen de lluvias de verano (Soberón *et al.*, 1990). Presenta una temperatura media anual de 16.1°C y una precipitación promedio anual de 835 mm (César-García, 2001). Existe una estacionalidad marcada, con una temporada seca de noviembre a mayo y una temporada de lluvias de junio a octubre (Rzedowski, 1954; Meave *et al.*, 1994). El enfriamiento irregular de la lava proveniente del volcán Xitle generó una gran heterogeneidad espacial y microambiental. Predomina la roca volcánica expuesta; el suelo, de origen eólico y orgánico es joven, muy escaso y poco desarrollado y se acumula en grietas y fisuras (Cano-Santana y Meave; 1996).

La vegetación que caracteriza a la zona es de tipo matorral xerófilo, predominando la asociación de *Pittocaulon praecox*, la cual es la comunidad vegetal más extendida y característica de la parte baja del Pedregal de San Ángel (Rzedowski, 1954). El matorral xerófilo presente en la reserva tiene una estructura muy heterogénea, con grandes diferencias en la composición florística (Álvarez *et al.*, 1982; Cano-Santana, 1994). El espectro biológico de la comunidad se caracteriza por la escasez acentuada de formas arbóreas y abundancia de elementos herbáceos, además de la escasez de suelo como el factor limitante

para el desarrollo de formas conspicuas y la colonización de flora (Rzedowski, 1954).

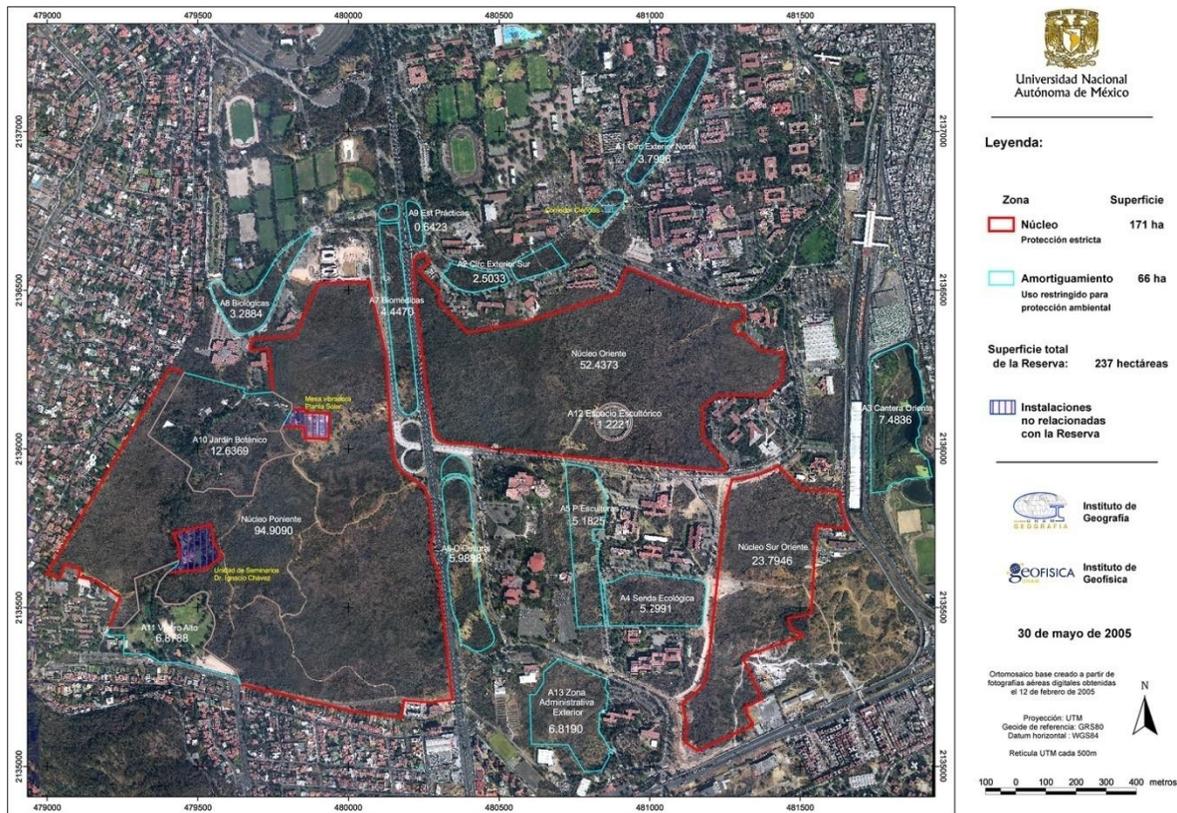


Figura 3.1. Foto aérea de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel en el *campus* principal de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM, 2005).

La REPSA forma parte de un ecosistema más extenso conocido como Pedregal de San Ángel o Pedregal del Xitle, que abarca desde San Ángel hasta los sitios bajos del cerro del Ajusco (Álvarez *et al.*, 1982), y está cubierto de un sustrato basáltico. La lava al enfriarse formó una capa pétreo, sobre la cual, con el paso del tiempo, han tenido lugar procesos sucesionales cuyo ritmo ha dependido de la acumulación de suelo y de la humedad ambiental, factores que, a su vez, varían en gran medida con la altitud (Cano-Santana y Meave, 1996). Esto dio

como resultado un complejo mosaico de comunidades vegetales entre los que se encuentran nueve tipos de vegetación, siendo los más abundantes el matorral de palo loco (*P. praecox*) y los bosques de encinos (*Quercus* spp.) (Rzedowski, 1954).

La Reserva cuenta con 237.3 ha, de las cuales 171.1 están localizadas en zonas núcleo y 66.2 en zonas de amortiguamiento (UNAM, 2005). La zona de amortiguamiento A8, conocida como Biológicas tiene una superficie de 3.3 ha y se encuentra en un camellón central del Circuito Exterior de Ciudad Universitaria (Fig. 3.2). Está delimitada en sus cuatro costados por el circuito de la zona deportiva poniente frente a los Institutos de Biología, de Ecología y de Investigaciones Biomédicas, y las canchas de futbol soccer (UNAM, 2005). La zona está cubierta por vegetación natural y eucaliptos introducidos desde la década de 1950. Su región noreste está sujeta a acciones de restauración, tiene una superficie de 0.51 ha y ocupa una hondonada en la cual se han vertido desechos de jardinería, cascajo y basura inorgánica proveniente de las canchas y sitios adyacentes al lugar (Antonio-Garcés, 2008).

El área de amortiguamiento A11 o Vivero Alto es un vivero de pasto que tiene una superficie total de 6.8 ha. Al norte está delimitada por la Unidad de Seminarios Ignacio Chávez; al oriente por la Zona Núcleo Poniente de la REPSA, al sur con la calle de acceso al Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur (CCH-SUR) y al poniente con el CCH-SUR (UNAM, 2005). La zona sujeta a restauración se encuentra al sureste de esta zona de amortiguamiento (Fig. 3.2), y tiene una superficie de 0.31 ha que está dividida en dos porciones, separadas por un camino

de 5 m de ancho. La altura de la vegetación es en promedio de 1.5 m, con algunos árboles de *B. cordata* de entre 2 y 3 m y algunos individuos de *E. camaldulensis* de entre 1.5 y 2.5 m de altura.

Con el fin de tener un marco de referencia de la comunidad animal, se seleccionó una zona de referencia (ZR) en la Zona Núcleo Poniente, adyacente al norte del área sujeta a restauración de la zona A11, y con una superficie de 0.29 ha (Fig. 3.2). Esta zona presenta una topografía heterogénea, donde encontramos grandes grietas, algunos sitios planos y extensas planchas de roca basáltica expuesta. Entre las especies dominantes en ZR se observaron *Pittocaulon praecox*, *Buddleia cordata*, *Dahlia coccinea*, *Cissus sicyoides*, *Eucalyptus camaldulensis* y *Dodonaea viscosa*.

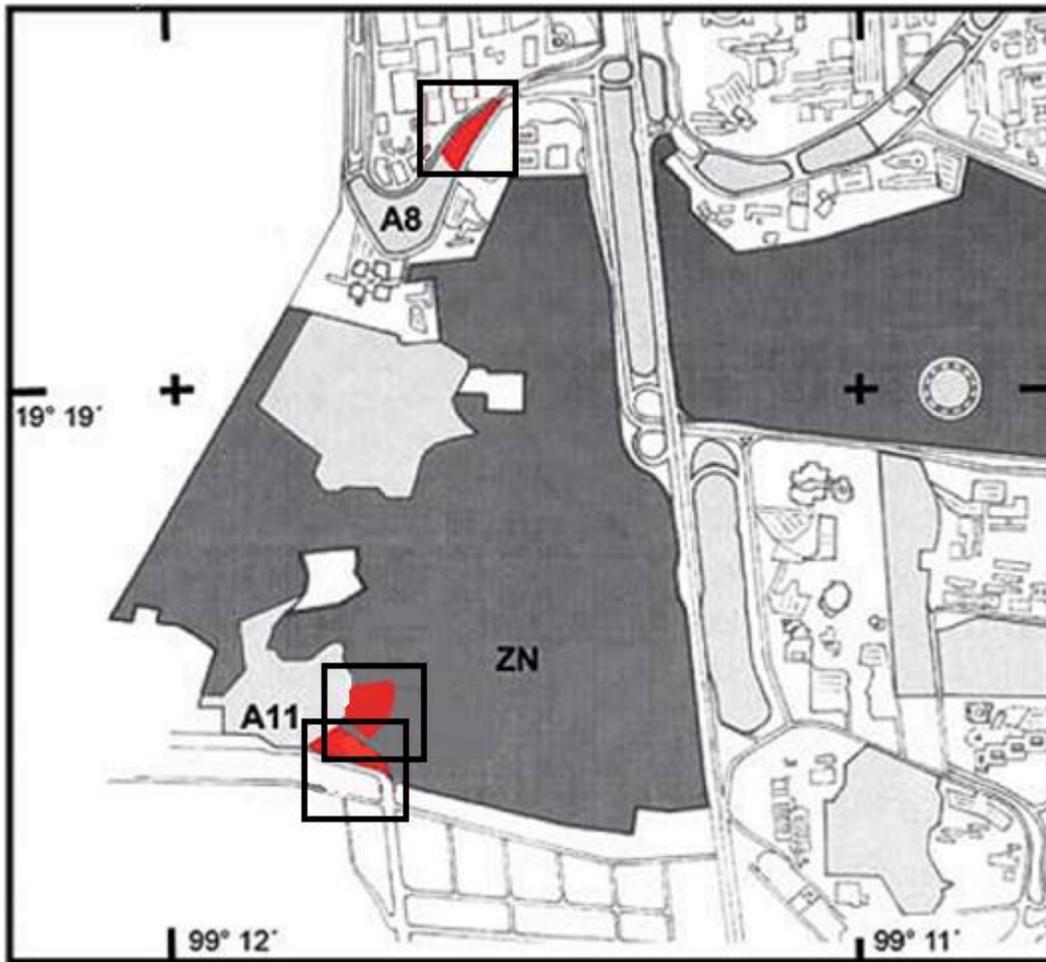


Figura 3.2. Sitios de estudio en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Ciudad Universitaria. Figura modificada de de Antonio-Garcés *et al.* (2009).

IV. MÉTODOS

Con el fin de registrar el mayor número de especies de anfibios, reptiles, aves y mamíferos, se realizaron recorridos, visitas y muestreos para cada grupo de vertebrados.

4.1 Reptiles y anfibios

Se realizaron tres muestreos, en junio y octubre de 2009 y mayo de 2010, en cada uno de los sitios de 10:00 a 12:00. Los muestreos consistieron en observaciones y búsquedas activas en grietas y bajo rocas en toda el área. Se registró el número de avistamientos así como las especies correspondientes. Además, se incluyeron registros de avistamientos realizados durante otras visitas realizadas a los sitios de estudio entre mayo de 2009 y mayo de 2010.

4.2 Aves

De junio de 2009 a mayo de 2010 se hicieron observaciones quincenales cada sitio. Las observaciones fueron realizadas caminando por los sitios durante dos horas a partir del amanecer, ya que éstas corresponden con las horas de mayor actividad de las aves diurnas (N. Chávez, com. pers.). Se registró el número de avistamientos, las especies observadas, las actividades que se encontraban haciendo en el momento de la observación (forrajeo en una planta, alimentándose al vuelo, polinizando las flores y perchando) y la especie de planta a la cual estaban asociadas. Se realizó una curva de acumulación de especies para evaluar la calidad del inventario de la avifauna (Soberón y Llorente, 1993). Se verificó, con

pruebas de χ^2 , si la frecuencia de cada actividad, en términos del número de avistamientos y el número de especies de aves, dependía del sitio.

Se clasificó a las especies en grupos tróficos o gremios, de acuerdo a Ortega-Álvarez y MacGregor-Fors (2009) y se aplicó una prueba de χ^2 para determinar si el número de avistamientos de aves de cada gremio difería entre sitios. En todas las pruebas de χ^2 que saliera dependencia entre variables se aplicó una prueba de residuos estandarizados para determinar la casilla en la cual se encontraban las diferencias (Siegel y Castellan, 1995).

Se calcularon los índices de diversidad de Simpson ($D' = 1/\sum p_i^2$) y Shannon-Wiener ($H' = \sum p_i \log_{10} p_i$), así como el índice de equitatividad ($J' = H'/H'_{máx}$) (Magurran, 1988). Los índices de Shannon-Wiener fueron comparados con pruebas de t de student (Zar, 1999). Por último, se obtuvo el índice de similitud de Jaccard (IS_j) entre las tres comunidades de aves estudiadas (Magurran, 1988).

4.3 Mamíferos

Se llevaron a cabo seis muestreos de pequeños mamíferos en febrero, mayo, agosto y noviembre de 2009, y en febrero y mayo de 2010 para determinar la presencia y abundancia de pequeños. Para ello, se colocaron 48 trampas tipo Sherman, 16 en cada sitio, durante dos noches consecutivas, coincidiendo éstas con el periodo de luna nueva, periodo en el cual los mamíferos nocturnos presentan una mayor actividad al evitar ser vistos y depredados (Garmendia-Corona, 2009). Los mamíferos capturados fueron marcados con violeta de

genciana en la parte ventral para poder reconocerlos en caso de recaptura. Debido al ámbito hogareño reducido de *Peromyscus gratus*, el total de individuos capturados fue considerado como el tamaño poblacional (Chávez, 1993). La abundancia de mamíferos pequeños en cada fecha se determinó como la suma de ejemplares registrados en dos noches consecutivas.

Para determinar la presencia de mamíferos medianos, se registraron los avistamientos durante las visitas de mayo de 2009 a mayo de 2010 y se buscaron y revisaron las letrinas existentes en los sitios. Se tomaron muestras de las mismas y se identificó al organismo a través del análisis de alimentos y pelo en las excretas. Los pelos dorsales de los mamíferos pueden ser útiles para la identificación de especies debido a que presentan características particulares de color de bandas, patrones de pigmento medular y morfología de las escamas cuticulares (Litvaitis, 2000); además, no sufren alteración en su morfología al ser sometidos a procesos de digestión y putrefacción (Fernández y Rossi, 1998; Juárez *et al.*, 2006). Se hicieron preparaciones de pelo siguiendo la metodología de Juárez *et al.* (2006) de las muestras obtenidas en campo y se compararon con muestras obtenidas de los ejemplares taxidermizados del Laboratorio de Vertebrados Terrestres y con las imágenes de la *Guía Ilustrada de pelos para la identificación de mamíferos medianos y mayores de Guatemala* (Juárez *et al.*, 2006).

V. RESULTADOS

Se encontró un total de 96 especies de vertebrados en los tres sitios: 79 especies de aves, 12 de mamíferos, cuatro reptiles y un anfibio (Cuadro 5.1). Las zonas sujetas a restauración (A11 y A8) presentaron 76 especies respectivamente, mientras que la zona de referencia (ZR) presentó 72 especies. Las zonas más similares en su composición de aves, vertebrados y vertebrados nativos fueron la A11 y la ZR (70.3, 68.2 y 69.4%, respectivamente; Cuadro 5.2).

Cuadro 5.1. Riqueza específica obtenida de los cuatro grupos de vertebrados en dos sitios sujetos a restauración ecológica (A8 y A11) y uno conservado de referencia en la REPSA. Datos de febrero de 2009 a mayo de 2010.

Grupo	A8	A11	ZN
Anfibios	1	1	0
Reptiles	3	3	3
Aves	62	64	62
Mamíferos	10	8	7
Total	76	76	72

Cuadro 5.2 Similitud (IS_j) entre las comunidades de vertebrados de dos zonas sujetas a restauración (A8 y A11) y una zona de referencia (ZR) en la REPSA. Datos de febrero de 2009 a mayo de 2010.

Grupo	A8-A11	A8-ZR	A11-ZR
Aves	0.658	0.699	0.703
Mamíferos	0.636	0.417	0.500
Mamíferos nativos	0.857	0.500	0.625
Vertebrados	0.652	0.644	0.682
Vertebrados nativos	0.667	0.659	0.694

5.1 Reptiles y anfibios

Se registraron cuatro especies de reptiles y una de anfibios. La zona A8 y la zona A11 registraron un número mayor de especies ($S = 4$) que la ZR ($S = 3$) (Cuadro 5.3). La zona en la que se registró el mayor número de avistamientos fue A11 ($N = 35$), seguida de la A8 ($N = 26$) y la ZR ($N = 14$).

Cuadro 5.3. Listado de especies observadas en dos sitios sujetos a restauración (A8 y A11) y en un sitio de referencia (ZR) en la REPSA. Datos de junio de 2009 a mayo de 2010.

Especie	Nombre común	A8	A11	ZR
<i>Crotalus molossus</i>	Víbora de cascabel		X	X
<i>Pituophis deppei</i>	Cincuate	X		
<i>Pseudoeurycea cephalica</i>	Salamandra	X	X	
<i>Sceloporus grammicus</i>	Lagartija	X	X	X
<i>Sceloporus torquatus</i>	Lagartija de collar	X	X	X

Las lagartijas *Sceloporus grammicus* y *Sceloporus torquatus* fueron las especies herpetológicas más abundantes en los tres sitios: *S. torquatus* fue la más abundante en A11 ($N = 27$) mientras que *S. grammicus* fue la más abundante en A8 ($N = 17$). La ZR presentó pocas lagartijas de ambas especies ($N = 12$). La abundancia de dichos organismos aumentó notoriamente en la zona A11 de junio de 2009 a mayo de 2010. En mayo de 2010 se registró por primera vez a organismos de *S. grammicus* (Cuadro. 5.4). Todos los individuos registrados estuvieron asociados a rocas en A11 y a troncos de árboles en A8. En ZR los organismos se localizaron en zonas de roca basáltica expuesta.

Cuadro 5.4. Número de avistamientos de lagartijas registrados en dos zonas sujetas a restauración (A8 y A11) y en una zona conservada de referencia (ZR) de la REPSA en junio y octubre de 2009 y mayo de 2010.

Especie	Fecha	A8	A11	ZR
<i>S. grammicus</i>	Jun-09	7	0	3
	Oct-09	5	0	0
	May-10	5	5	4
	<i>n</i> =	17	5	7
<i>S. torquatus</i>	Jun-09	2	4	3
	Oct-09	1	6	1
	May-10	4	17	1
	<i>n</i> =	7	27	5

5.2 Aves

Se encontraron 79 especies de aves en total. La curva de acumulación muestra que el inventario de aves que usan los sitios de estudio es aún incompleto, por lo cual hace falta realizar más muestreos para registrar el número total de especies (Fig. 5.1).

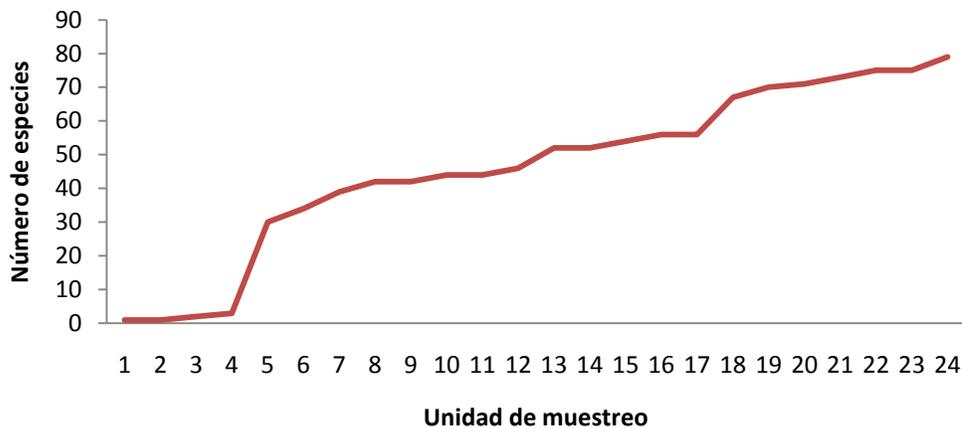


Figura 5.1 Curva de acumulación total de especies de aves en dos zonas sujetas a restauración (A8 y A11) y una zona conservada de referencia (ZR) de la REPSA, de junio de 2009 a mayo de 2010.

El sitio con mayor riqueza específica fue A11 (64 especies) seguido de A8 (62) y ZR (62). El mes con mayor riqueza específica fue marzo para A8 (34 especies) y ZR (27) y agosto para A11 (28) (Fig. 5.2). La zona A8 tuvo en general mayor número de especies a lo largo del tiempo, seguida por ZR.

El número de avistamientos de aves fue en general más alto en A8, seguido de ZR, durante la mayor parte del año de estudio. A11 registró la abundancia más alta en agosto, mientras que A8 la tuvo en enero y ZR en septiembre (Fig. 5.3).

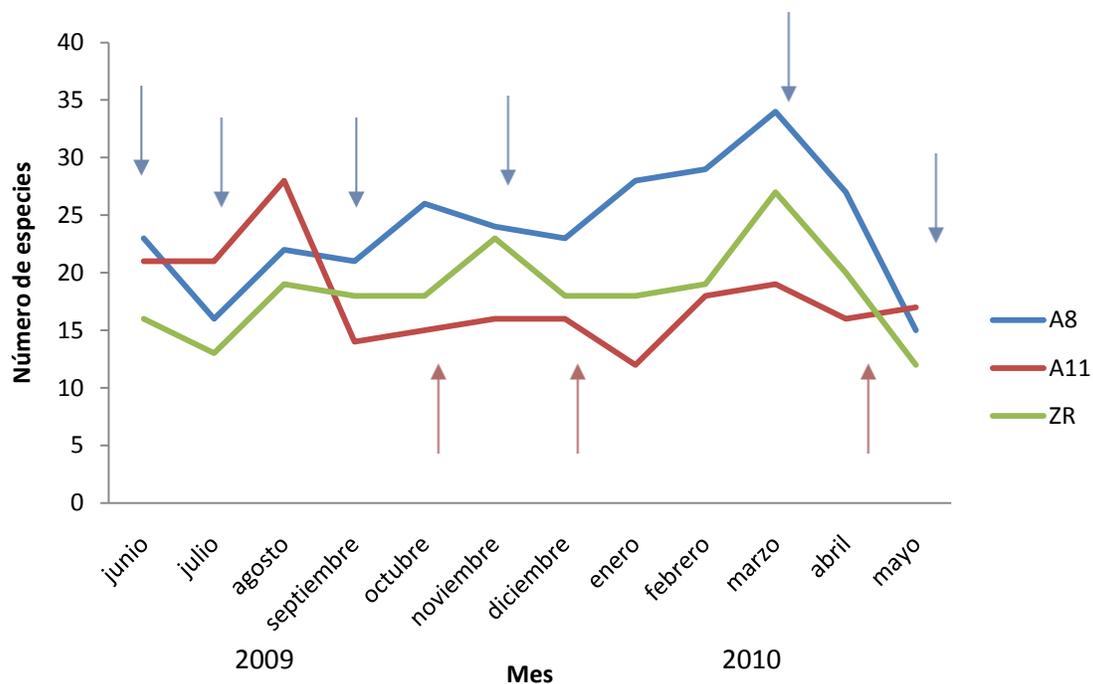


Figura 5.2. Riqueza específica mensual de aves obtenida en dos zonas sujetas a restauración (A8 y A11) y en una zona conservada de referencia (ZR) de la REPSA de junio de 2009 a mayo de 2010. Las flechas azules y rojas indican las fechas en las que se realizaron las Jornadas de Restauración en las zonas A11 y A8, respectivamente.

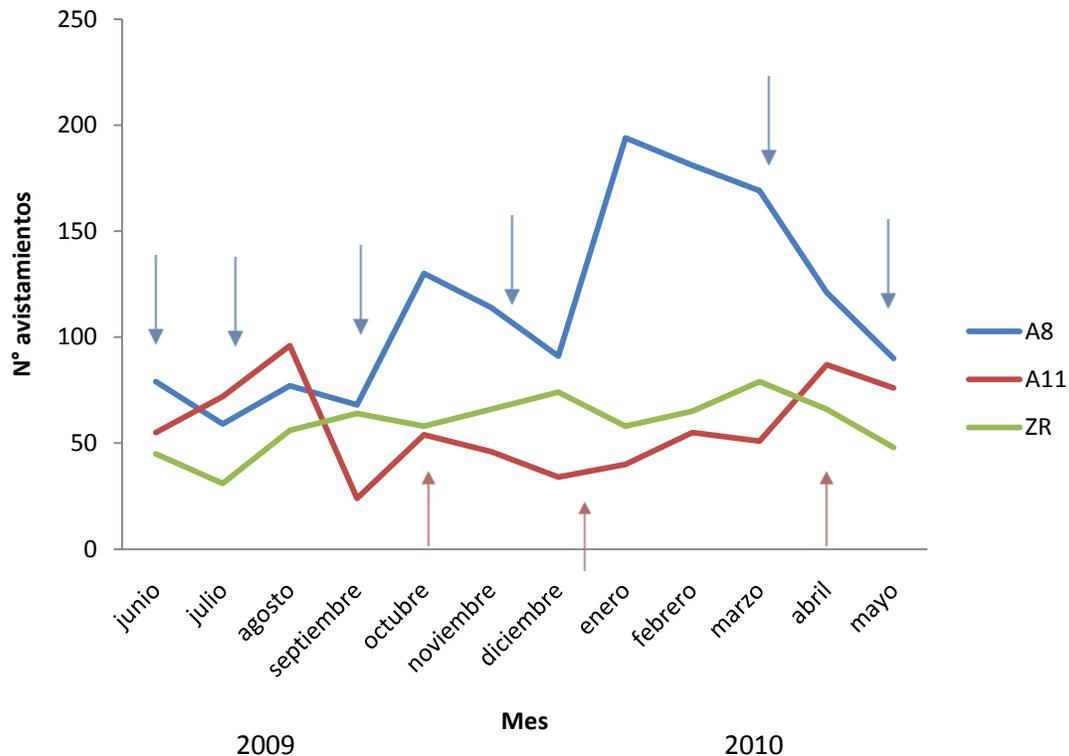


Figura 5.3. Número de avistamientos de aves registrados en dos zonas sujetas a restauración (A8 y A11) y en una zona conservada de referencia (ZR) de la REPSA de junio de 2009 a mayo de 2010. Las flechas azules y rojas indican las fechas en las que se realizaron las Jornadas de Restauración en las zonas A11 y A8, respectivamente.

Las especies más abundantes en A8 fueron la mascarita común (*Psaltriparus minimus*) (12.5%), el capulinero (*Ptilogonys cinereus*) (12.4%) y el gorrión inglés (*Passer domesticus*) (12%); en A11, el gorrión mexicano (*Carpodacus mexicanus*) (16.5%), el chupaflor berilo (*Amazilia beryllina*) (14.3%) y el chupaflor matraquita (*Cyananthus latirostris*) (8.3%); en tanto que en ZR fue el chipe coronado (*Dendroica coronata*) (13.1%), *C. mexicanus* (10.4%) y *A. beryllina* (8.5%) (Fig. 5.4).

La ZR registró 11 especies dominantes, mientras que las zonas A8 y A11 mostraron nueve especies dominantes cada una, considerando para este estudio como especies dominantes aquéllas que registraron una abundancia relativa mayor a 5%. Por otro lado, las especies dominantes compartidas por los tres sitios fueron *A. beryllina*, *P. minimus*, *P. fuscus* y *C. mexicanus* (Fig 5.4). Se registraron 47 especies insectívoras, 12 granívoras, nueve nectarívoras, siete frugívoras y tres omnívoras (ver Anexo).

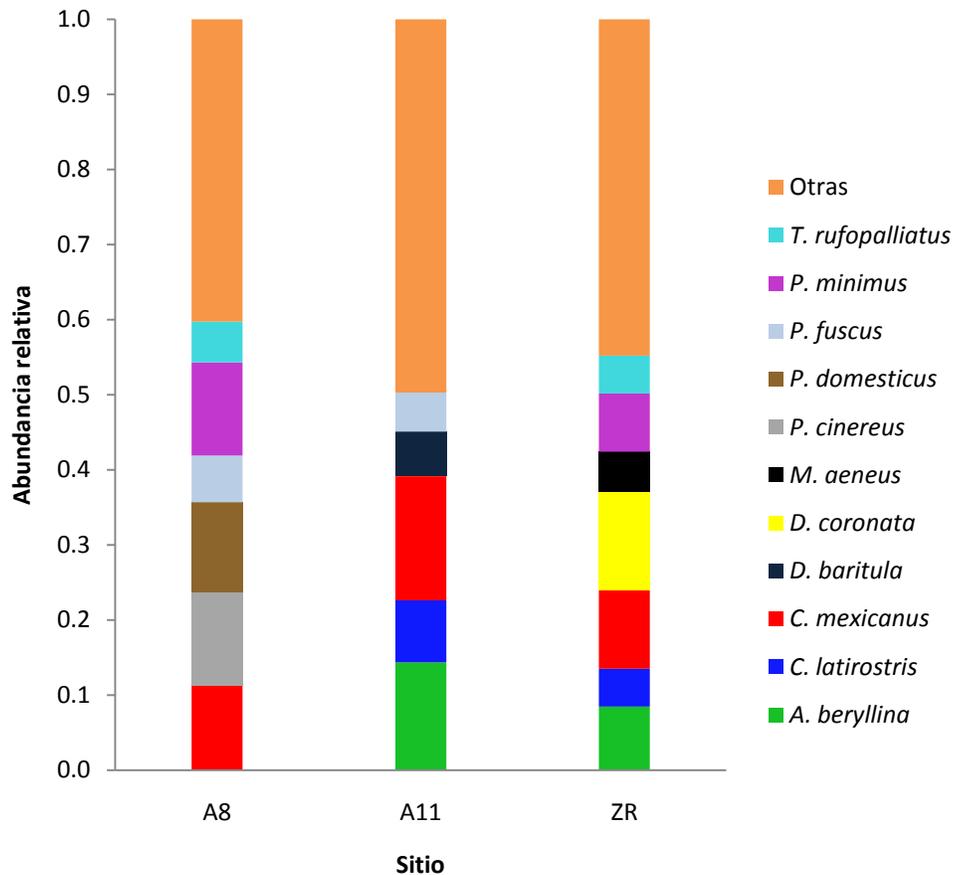


Figura 5.4. Abundancia relativa de las especies de aves en dos sitios sujetos a restauración (A8 y A11) y en un sitio de referencia (ZR) en la REPSA ($N = 2773$).

Las actividades registradas con más frecuencia en los avistamientos fueron el forrajeo en A8 (54.9%) y ZR (54.5%) y la percha en A11 (47.8%) (Cuadro 5.5). La frecuencia de avistamientos en cada categoría de actividad dependió significativamente del sitio ($\chi^2 = 128.91$, g.l. = 8, $P < 0.001$). La zona A11 presentó menos avistamientos de aves en actividad forrajeadora y significativamente más avistamientos de aves en actividad polinizadora (prueba de residuos estandarizados, Cuadro 5.5); en contraste, el número de especies observadas en cada categoría de actividad no dependió significativamente del sitio ($\chi^2 = 6.94$, g.l. = 8, $P > 0.5$).

Cuadro 5.5. Principales actividades registradas de las especies de aves en dos zonas sujetas a restauración (A8 y A11) y en una zona conservada de referencia (ZR) de la REPSA. + = valor significativamente mayor al esperado, - = valor significativamente menor al esperado (prueba de residuos estandarizados).

Actividad	A8		A11		ZR	
	Avistamientos (%)	N° especies	Avistamientos (%)	N° especies	Avistamientos (%)	N° especies
Alimentándose al vuelo	1.3	7	1.9	4	1.4	4
Forrajeando	54.9 (+)	46	38.7 (-)	35	54.5 (+)	47
Perchado	40.9	46	47.8 (+)	49	37.8 (-)	43
Polinizando	1.0 (-)	2	7.1 (+)	6	1.2 (-)	2
Otras	1.9 (-)	8	4.6	9	5.2 (+)	7
<i>N</i>	1389		695		694	

Las principales especies utilizadas para forrajeo en A8 fueron el pirul (*Schinus molle* L., 29%) y el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*, 16%) (Fig 5.5a), mientras que en A11 fueron *Nicotiana glauca* (43%) y el tepozán (*B. cordata*, 16%) (Fig 5.5b), en tanto que en la ZR fueron el eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis* 65%) y el tepozán (*B. cordata* 16%) (Fig 5.5c).

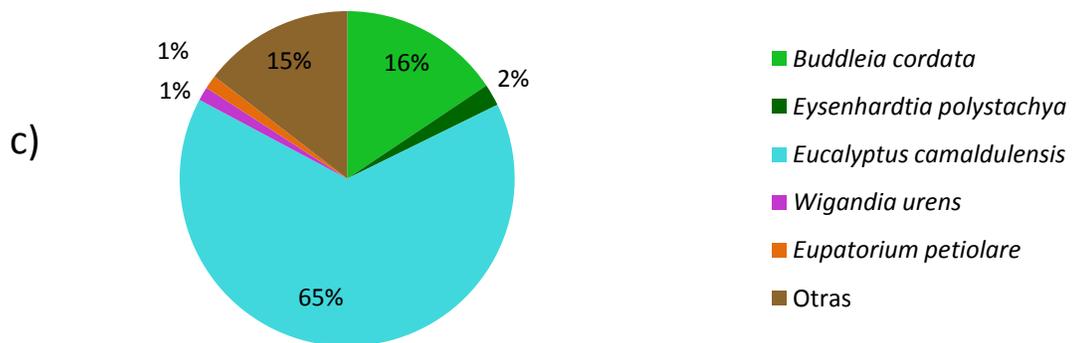
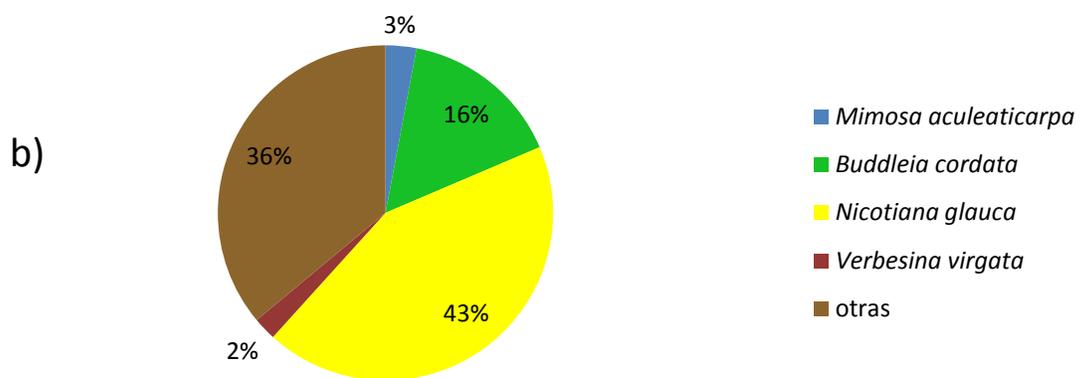
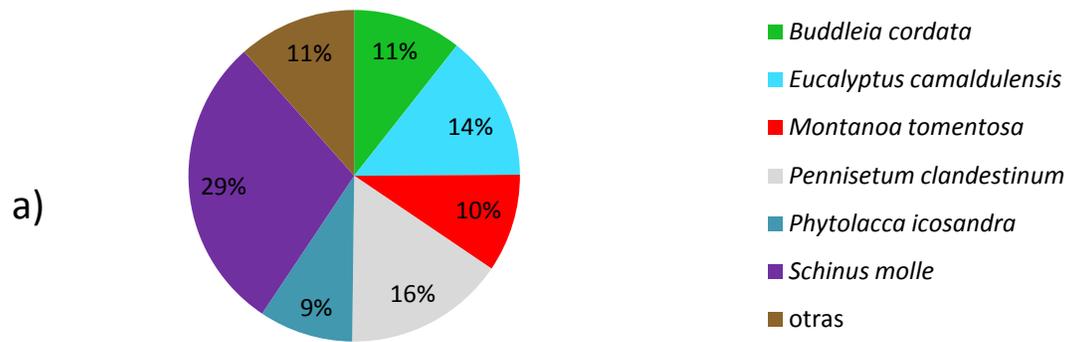


Figura 5.5. Principales especies de plantas utilizadas por las aves para forrajear en dos zonas sujetas a restauración (A8 y A11) y en una zona conservada de referencia (ZR) de la REPSA. a) A8, b) A11 y c) ZR.

El número de avistamientos de aves de cada gremio dependió significativamente del sitio ($\chi^2=484.1$, g.l.= 10, $P < 0.001$). Los avistamientos de carnívoros e insectívoros tuvieron significativamente una frecuencia más alta que la esperada en ZR, en tanto que los avistamientos de los nectarívoros en A11 y de frugívoros y omnívoros en A8 fueron significativamente más altos que los valores esperados (pruebas de residuos estandarizados, Fig. 5.6).

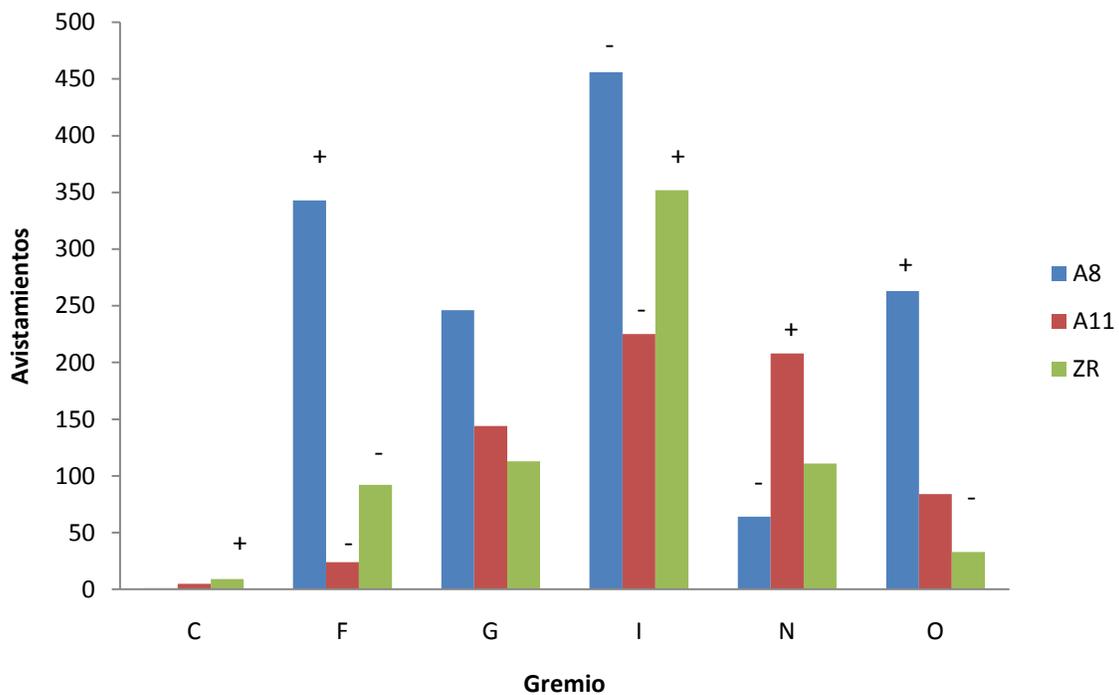


Figura 5.6. Cantidad de avistamientos por cada grupo trófico (gremio) en dos zonas sujetas a restauración (A8 y A11) y en una zona conservada de referencia (ZR) de la REPSA. + = valor significativamente mayor al esperado, - = valor significativamente menor al esperado (prueba de residuos estandarizados). C = Carnívoro, F = Frugívoro, G = Granívoro, I = Insectívoro, N = Nectarívoro y O = Omnívoro.

Los índices de diversidad de la comunidad de aves fueron más altos en ZR, seguidos de los obtenidos en A11 y A8. Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre los índices de diversidad de Shannon-Wiener (A8 vs. A11: $t = 0.26$, g.l. = 835, $P > 0.5$; A8 vs. ZR: $t = 0.89$, g.l. = 893, $P > 0.5$; A11 vs. ZR: $t = 0.58$, g.l. = 696, $P > 0.5$; Cuadro 5.6). Los valores de H' para las comunidades de aves nativas, esto es, excluyendo sólo a *P. domesticus* (el gorrión inglés), no difirieron en gran medida de los obtenidos con los datos agrupados (Cuadro 5.6). De la misma forma, no existen diferencias significativas entre dichos valores de H' (A8 vs. A11: $t = 0.23$, g.l. = 792, $P > 0.5$; A8 vs. ZR: $t = 0.92$, g.l. = 871, $P > 0.5$; A11 vs. ZR: $t = 0.64$, g.l. = 678, $P > 0.5$; Cuadro 5.6).

Cuadro 5.6. Atributos de la comunidad de aves en dos zonas sujetas a restauración (A 8 y A11) y una conservada de referencia (ZR). $H'_{NATIVAS}$ toma en cuenta a todas las especies excepto *Passer domesticus*. Letras diferentes en los valores de H' denotan diferencias significativas con $P < 0.05$ (prueba de t).

Atributo	A8	A11	ZR
S	63	64	63
$H'_{NATIVAS}$	1.346 ^a	1.368 ^a	1.429 ^a
H'_{TOTAL}	1.344 ^a	1.387 ^a	1.435 ^a
D'	13.890	13.963	17.448
J'	0.747	0.757	0.791
N	1389	695	694

Se encontraron cuatro nidos de aves en A8 (dos de *P. domesticus*, en julio de 2009 y marzo de 2010, uno de *Toxostoma curvirostre* en marzo de 2010 y uno de *Turdus rufopalliatus* en abril de 2010), dos en A11 (uno de *P. minimus* y uno de *Columbina inca*, ambos en mayo de 2010) y dos en ZR (uno de *T. curvirostre* y uno de *T. rufopalliatus*, ambos en mayo de 2010). Las plantas utilizadas para el

anidamiento fueron *Wigandia urens*, *Buddleia cordata*, *Schinus molle*, *Cupressus* sp. y *Eucalyptus camaldulensis*.

5.3 Mamíferos

Se registraron 12 especies de mamíferos en total. La zona A8 presentó la mayor riqueza específica (10 especies), seguida de la A11 (con ocho) y ZR (con siete); así mismo, la zona A8 presentó la mayor riqueza de especies exóticas (cuatro especies), seguida de la A11 y ZR (ambas con una especie) (Cuadro 5.7; Fig. 5.7).

Cuadro 5.7. Listado de especies de mamíferos registradas en dos sitios sujetos a restauración (A8 y A11) y en un sitio de referencia (ZR) en la REPSA. N = nativo, E =exótico. Datos de avistamientos de febrero de 2009 a mayo de 2010.

Especie	Nombre común	A8	A11	ZR	Origen
<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache	X	X ²		N
<i>Canis familiaris</i>	Perro	X		X	E
<i>Felis silvestris</i>	Gato	X	X		E
<i>Spilogale gracilis</i>	Zorrillo			X	N
<i>Bassariscus astutus</i>	Cacomixtle		X ²	X ²	N
<i>Sciurus aureogaster</i>	Ardilla	X	X	X	N
<i>Spermophilus variegatus</i>	Ardillón	X	X	X	N
<i>Mus musculus</i>	Ratón común	X ¹			E
<i>Peromyscus difficilis</i>	Ratón de campo	X ¹	X ¹		N
<i>Peromyscus gratus</i>	Ratón piñonero	X ¹	X ¹	X ¹	N
<i>Rattus norvegicus</i>	Rata	X ¹			E
<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo	X	X	X	N

¹Detectada por trapeo.

²Detectada por excretas.

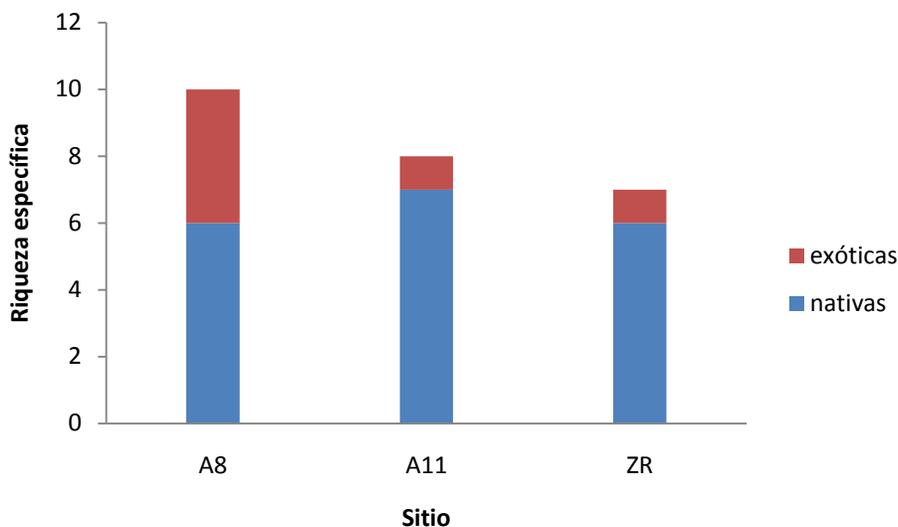


Figura 5.7. Número de especies de mamíferos exóticos y nativos registrados en dos sitios sujetos a restauración (A8 y A11) y en un sitio de referencia (ZR) en la REPSA, de febrero de 2009 a mayo de 2010.

5.3.1. *Trampeo de mamíferos pequeños.* Se muestreo un total de 576 noches-trampa. Se capturaron cuatro especies en total: el ratón piñonero *Peromyscus gratus*, el ratón de campo *P. difficilis*, la rata *Rattus norvegicus* y el ratón doméstico *Mus musculus*. El ratón piñonero (*P. gratus*) fue la especie dominante en las zonas A11 (con 56 individuos) y ZR (con 39) y registró su pico de abundancia en febrero de 2010 en ZR ($n = 11$) y en febrero y mayo del mismo año en A11 ($n = 13$) (Fig 5.8 b, c). En A8 se registró también la presencia de *P. gratus*, sin embargo ésta no fue la especie dominante ($N = 4$; Fig 5.8a). Se registró por primera vez al ratón *P. difficilis* en A8 (en noviembre de 2009 y febrero de 2010) y en A11 (mayo de 2010). Sólo la zona A8 registró un individuo de *R. norvegicus* (en mayo de 2009) y a *M. musculus* en todos los muestreos; éste último fue la especie más abundante en el sitio ($N = 6$).

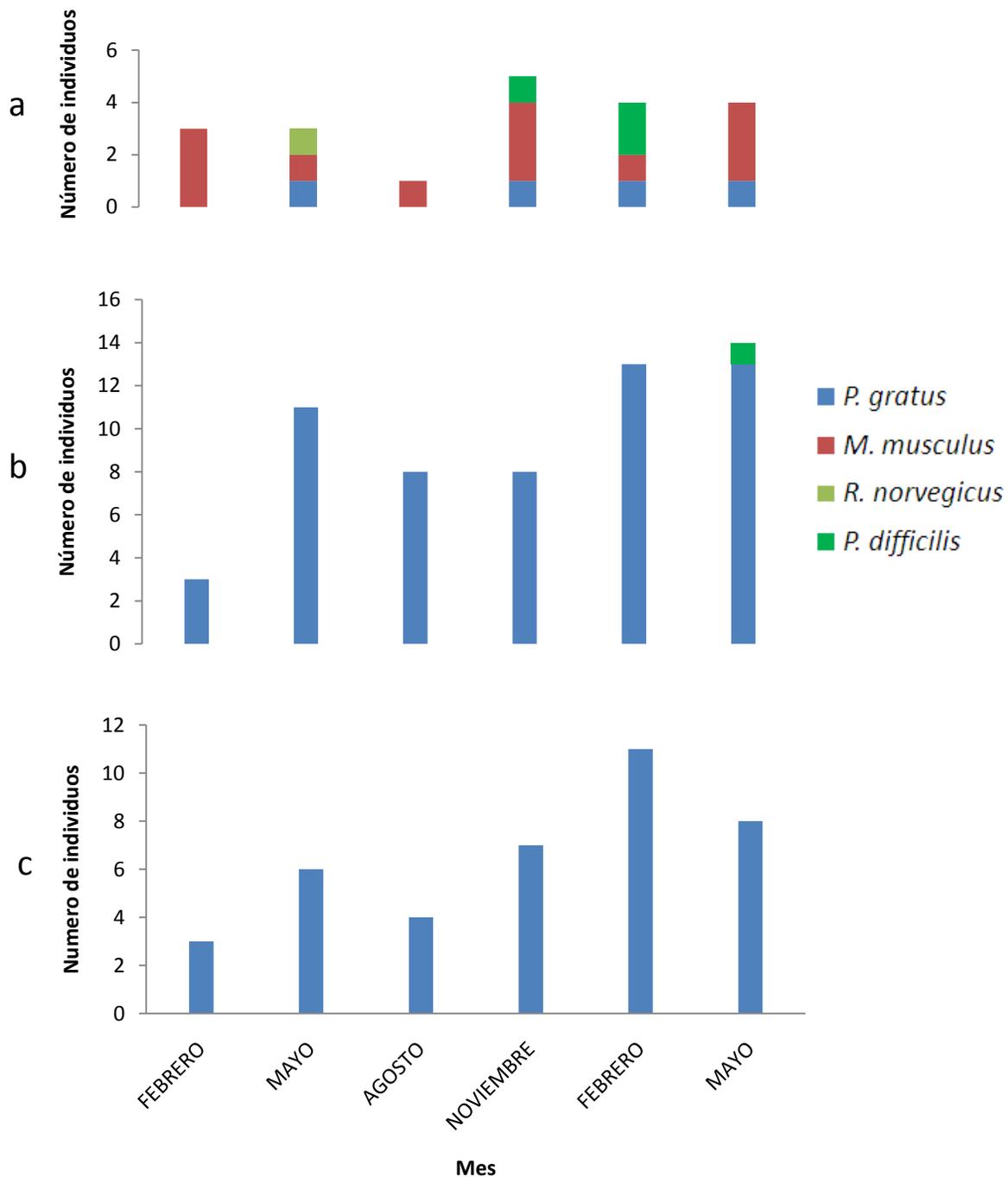


Figura 5.8. Cambio temporal de la abundancia de mamíferos pequeños capturados con trampas Sherman en dos sitios sujetos a restauración (A8 y A11) y en un sitio de referencia (ZR) en la REPSA. a) A8, b) A11 y c) ZR. Datos de febrero de 2009 a mayo de 2010.

5.3.2. *Mamíferos medianos*. Se registraron ocho especies de mamíferos medianos: seis nativas (*Bassariscus astutus*, *Didelphis virginiana*, *Sciurus aureogaster*, *Spermophilus variegatus*, *Sylvilagus floridanus* y *Spilogale gracilis*) y dos ferales (*Canis familiaris* y *Felis catus*).

De las especies nativas, en la zona A8 se registraron cuatro especies, en A11 cuatro y en ZR cinco. Se registró al ardillón (*Spermophilus variegatus*) como la especie más abundante en A8 ($N = 6$) y la ardilla *Sciurus aureogaster* en A11 ($N = 2$) y en ZR ($N = 13$) (Fig. 5.9).

La zona A8 presentó cinco individuos de las dos especies ferales (*C. familiaris* y *F. catus*), mientras que la zona A11 sólo presentó un individuo de *F. silvestres*. La ZR presentó la mayor abundancia de perros ferales *C. familiaris* ($N = 11$) (Fig. 5.9).

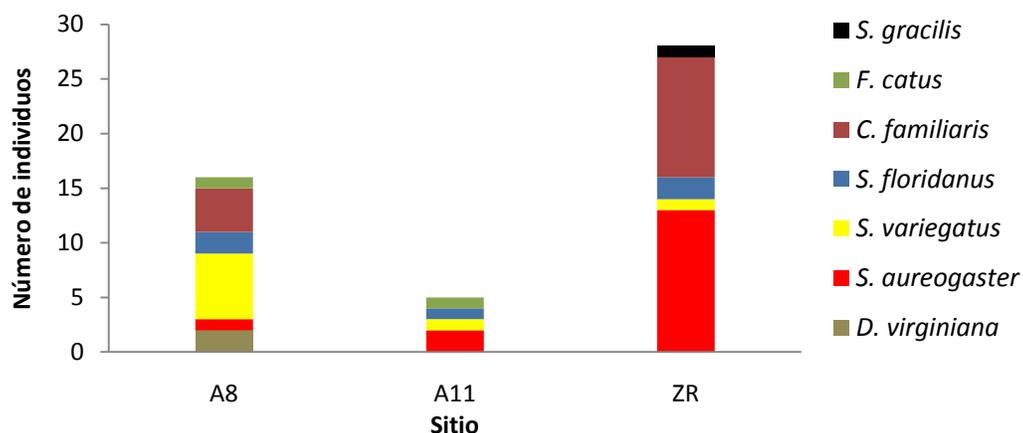


Figura 5.9. Mamíferos medianos observados en dos zonas sujetas a restauración (A8 y A11) y en una zona conservada de referencia (ZR) de la REPSA de mayo de 2009 a mayo de 2010.

Durante el período de estudio se registraron dos letrinas en A8, seis en A11 y una en ZR (Fig 5.10); asimismo se encontraron excretas de *Sylvilagus floridanus* en los tres sitios. A partir de preparaciones de pelos encontrados en excretas de la zona A11 y ZR, se identificaron patrones cuticulares de *Didelphis virginiana* y *Bassariscus astutus* (Figs. 5.11 y 5.12) para A11, así como de *B. astutus* en ZR (Fig. 5.12). Asimismo, se encontraron en las excretas de ambas especies semillas de *Phytolacca icosandra* y *Opuntia tomentosa*, pelos de *Sylvilagus floridanus* y *Spermophilus variegatus* y restos de plásticos.

En la zona A8 se detectó una madriguera de *S. variegatus*.

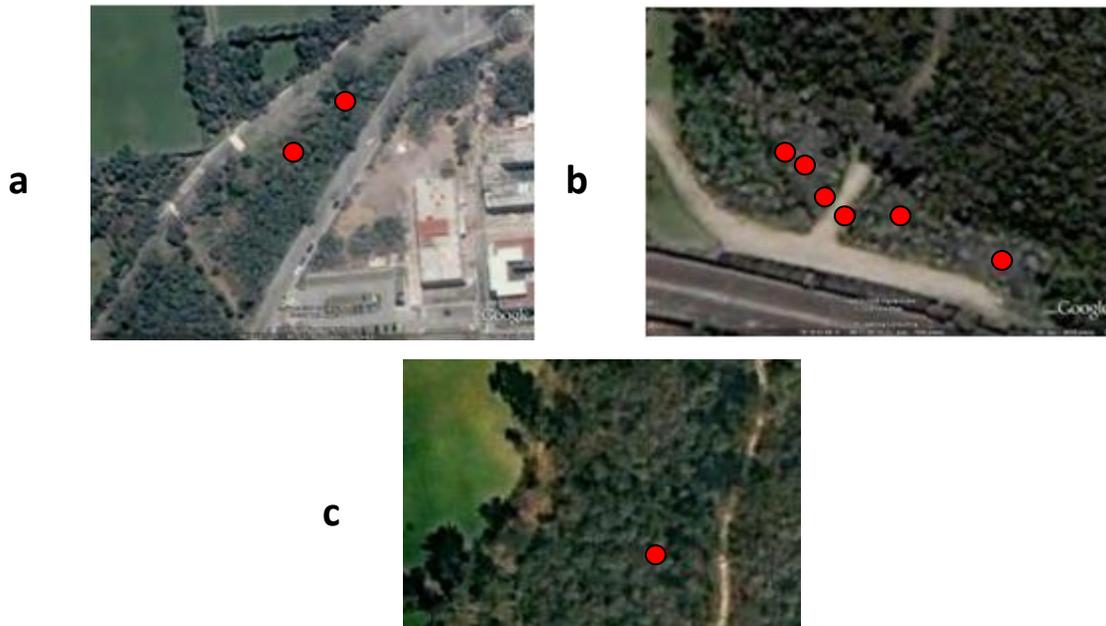


Figura 5.10. Fotografía aérea de la zona A8 (a), A11 (b) y ZR (c) de la REPSA. Los puntos rojos muestran la ubicación de cada letrina.

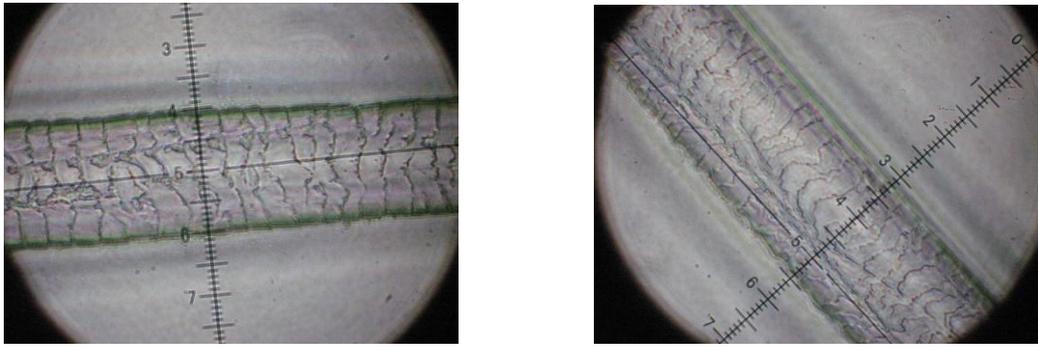


Figura 5.11. Fotografías de los patrones cuticulares del pelo de un ejemplar del tlacuache *D. virginiana* (izq.) y de un pelo encontrado en la zona A11 (der.) de la REPSA.

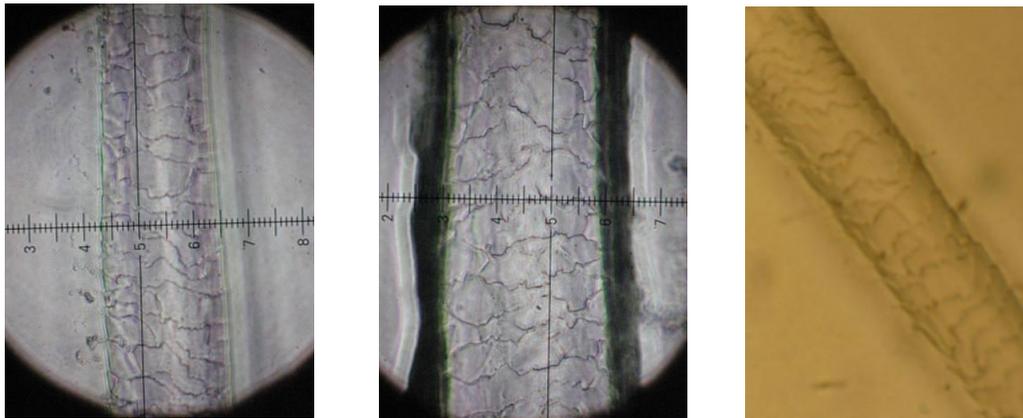


Figura 5.12. Fotografías de los patrones cuticulares del pelo de un ejemplar del cacomixtle *B. astutus* (izq.), de una muestra encontrada en la zona A11 (centro) y una muestra de ZR (izq.) en la REPSA.

VI DISCUSIÓN

En este trabajo se probó la presencia y actividad de la fauna de vertebrados en los sitios sujetos a restauración y en la zona conservada de referencia. La comparación de las actividades de forrajeo, defecación y residencia en las zonas con disturbio y la zona de referencia contribuyó al conocimiento del estado de recuperación de las zonas y el avance de la restauración ecológica.

Las zonas sujetas a restauración (A8 y A11) tuvieron un número ligeramente mayor de especies de vertebrados que la zona de referencia (ZR), sin embargo, los índices de diversidad no mostraron diferencias significativas y la similitud entre los sitios fue mayor al 60%. Esto indica que las comunidades están prácticamente recuperadas sugiriendo que en este proceso de sucesión regenerativa se va incrementando la diversidad de animales nativos (Valverde *et al.*, 2005) y que las zonas cuentan con las condiciones para favorecer la presencia y actividad de la fauna nativa.

La ligera diferencia en la riqueza específica entre los sitios sujetos a restauración y la zona de referencia se puede deber a (1) una mayor abundancia de especies debido a disturbios generados por actividad humana, (2) el efecto de borde en los sitios, y (3) la fragmentación y procesos de urbanización, sobre todo en A8

Se ha visto que existe una mayor riqueza específica en zonas donde existen disturbios por actividad humana, ya que las especies asociadas a hábitats perturbados se ven favorecidas (Blair, 1996). Debido a su ubicación en un

camellón inmerso en la infraestructura de Ciudad Universitaria, la zona A8 presenta mayores disturbios causados por las actividades humanas que la zona A11. Se ha estudiado el efecto del ruido como disturbio antropogénico sobre la fauna y se ha reportado que éste es uno de los mayores factores que reducen las densidades de especies nativas en sitios abiertos (Reijnen *et al.*, 1997). Por otra parte, las actividades humanas causan que algunas especies relacionadas con perturbaciones antropogénicas aumenten su abundancia (Garmendia-Corona, 2009). La presencia de dichas especies en los sitios sujetos a restauración no permite aún señalar la recuperación de la funcionalidad de los mismos.

Las jornadas de restauración en sí mismas constituyen un tipo de disturbio, aunque éste es controlado, y su finalidad consiste en modificar el paisaje al alterar la estructura de la vegetación y la distribución física de los hábitats por remoción de plantas exóticas, desechos inorgánicos (basura doméstica, escombros y piedras de origen no basáltico), material no consolidado (tierra) y desechos de jardinería (troncos y hojas en descomposición), para aumentar los espacios de colonización, así como la posibilidad de coexistencia de especies.

Todos los sitios (incluyendo la ZR) presentan efecto de borde ya que las zonas A11 y ZR se encuentran en el extremo suroeste de la REPSA y la zona A8 está en un camellón (ver Fig. 3.2). Los tres sitios están rodeados por infraestructura y vegetación totalmente diferente al pedregal, esto sugiere que en los sitios se den una serie de condiciones y recursos que facilitan la presencia de un mayor número de especies. La literatura reporta generalmente incremento del

número y abundancia de especies, sobre todo de aves (Jonhston, 1947; Baker *et al.*, 2002), en los bordes; esto se debe principalmente al movimiento de especies (las especies salen de sus hábitats preferidos) que pueden transitar a otros bordes donde puede haber condiciones distintas, que pueden ser mejores (en términos de luz, temperatura, etc.) y donde pueden presentarse recursos que son raros o inexistentes en el interior del hábitat (Ries y Sisk, 2004). Un aparente problema es que los bordes también favorecen la afluencia de especies generalistas (Hansson, 1994).

La fragmentación y el aislamiento del hábitat restringe la movilidad de ciertos organismos (Andreassen *et al.*, 1996) según su capacidad de dispersión y crea más hábitat de borde, favoreciendo a las especies que utilizan este tipo de hábitat (Luken, 1990). La zona A8, al encontrarse en un camellón, presenta mayor efecto de aislamiento por fragmentación del hábitat. El flujo de individuos desde los hábitats aledaños al sitio en restauración depende de la conectividad de las zonas (Parker, 1997). La zona A11, al estar integrada a la Zona Núcleo Poniente está bien conectada y muy cerca de las fuentes de colonización y esto facilita el arribo de fauna nativa a la zona. Es por ello que la zona A11 fue más similar a la ZR en la composición, la abundancia y la diversidad de sus comunidades, que la zona A8.

6.1 Herpetofauna

Los reptiles más abundantes fueron las lagartijas. En la zona A11, en mayo de 2010, el número de lagartijas de collar, *Sceloporus torquatus*, se incrementó

considerablemente. *S. torquatus* es abundante en zonas moderadamente perturbadas y a las orillas de la REPSA (Méndez-de la Cruz *et al.*, 2009). Por otra parte, la lagartija *Sceloporus grammicus* es común en sitios perturbados y asentamientos humanos (Méndez-de la Cruz *et al.*, 2009). Ambas lagartijas se encuentran asociadas a rocas, tocones, árboles y nopales (Uribe-Peña *et al.*, 1999). El incremento en el número de individuos registrados en A11 indica que estos organismos están colonizando la zona y ésta se está viendo favorecida por la gran cantidad de microhábitats que ofrecen las rocas añadidas en la zona. En A8 el número de individuos registrados se mantuvo constante, lo que indica que las acciones de restauración no han provocado una disminución en su abundancia.

La presencia en A11 de la víbora de cascabel (*Crotalus molossus*), cuya dieta consiste en *S. torquatus*, *S. grammicus*, las ratas *Neotoma* sp. y *Rattus* sp. y *P. gratus*, entre otros (Balderas-Valdivia *et al.*, 2009) indica que la zona presenta condiciones y recursos favorables para el mantenimiento de especies depredadoras. De la misma forma, en la zona A8 se encontró al cincuate o culebra ratonera (*Pituophis deppei*), la cual también es depredadora de roedores (Balderas-Valdivia *et al.*, 2009). La existencia de estos organismos en los sitios A8 y A11 denota recuperación de los sitios al incrementarse la complejidad de la red trófica.

6.2 Aves

La curva de acumulación de especies sugiere que los tres sitios estudiados pueden ser utilizados potencialmente por las 136 especies de aves no acuáticas que habitan en la REPSA. Chávez y Gurrola (2009) encontraron que la mayoría de las especies presentes en la REPSA son insectívoras (35%). En este estudio se encuentra que más del 50% de las especies registradas en los sitios de estudio fueron insectívoras (Fig. 5.6), lo cual indica cierto grado de conservación del hábitat, ya que los hábitats que soportan una mayor riqueza de especies generalistas suelen ser los que tienen un mayor grado de urbanización (Emlem, 1974). Una comunidad conservada presenta mayor número de especies insectívoras, carnívoras y granívoras, que de omnívoras (Ortega-Álvarez y MacGregor-Fors, 2009). Las zonas A11 y A8 presentaron abundancias de insectívoros menores a los esperados y abundancias de omnívoros mayores a los esperados, lo cual indica un cierto nivel de deterioro de ambos sitios.

No hubo diferencias significativas entre sitios en H' al eliminar los datos de la especie exótica *Passer domesticus*. MacGregor-Fors *et al.* (2010) reportan disminución de la riqueza específica debido a pérdida de especies en sitios donde las abundancias de *P. domesticus* son altas, sin embargo en los sitios sujetos a restauración la abundancia de *P. domesticus* no tiene gran impacto sobre la diversidad de la fauna nativa.

6.3. Mamíferos

Aunque en la zona A8 existió una mayor riqueza específica, el 40% de sus especies registradas correspondió a especies exóticas y ferales, lo cual indica un mayor grado de perturbación en el sitio.

La presencia y abundancia de *Peromyscus gratus* en los sitios sujetos a restauración indica buena calidad del hábitat (Granados, 2008). La gran abundancia de *P. gratus* en A11 indica que en este sitio existen las condiciones y recursos necesarios para dicho roedor. Cabe recordar que la zona tuvo en 2006 la presencia de la especie exótica *Mus musculus* con densidades de hasta 3 ind/30 trampas (M. Villeda-Hernández, com. pers.); este ratón está asociado a urbanización y es frecuente en áreas verdes de las instalaciones de la Universidad (Garmendia-Corona, 2009). Actualmente, la zona A11 se encuentra libre de esta especie exótica y ya ha sido registrado un ratón nativo nuevo: *Peromyscus difficilis*.

Por otra parte, la zona A8 registró dos especies exóticas (*M. musculus* y *Rattus norvegicus*) y dos nativas (*P. gratus* y *P. difficilis*) de mamíferos pequeños. M. Peña (datos no publicados) reportó en 2007 la presencia de *P. gratus* (hasta 5 ind/30 trampas) y *M. musculus* (hasta 16 ind/30 trampas), actualmente el número de individuos de ambas especies ha disminuido en la zona (*P. gratus*: 1 ind/16 trampas; *M. musculus*: 3 ind/16 trampas) y se ha incrementado el número de especies.

De los mamíferos medianos, en ninguna de las zonas sujetas a restauración se encontró al zorrillo *Spilogale gracilis*. Esta especie alcanza una mayor abundancia en la parte central de la zona oeste de la reserva y muy bajas densidades en la periferia (Castellanos, 2006), lo cual puede indicar que ésta especie requiere de hábitats con bajo nivel de perturbación.

Por otra parte, se encontraron en los sitios al cacomixtle (*Bassariscus astutus*) y al tlacuache (*Didelphis virginiana*). La presencia de carnívoros medianos indica que se mantiene la red trófica en las zonas sujetas a restauración y demuestra la importancia de la restauración de parches de vegetación natural para el mantenimiento de la biodiversidad y del funcionamiento del ecosistema (Castellanos, 2006).

6.4 Crítica al monitoreo

Es importante tomar en cuenta que este estudio es el primero de su tipo que se hace en las zonas sujetas a restauración de la REPSA y si bien cumple con sus objetivos, es posible mejorar el monitoreo para mejorar la calidad de los datos. El principal problema detectado fue que el esfuerzo de muestreo no fue el mismo para todos los grupos de vertebrados, siendo mayor las horas empleadas para las aves que para los otros grupos. Se sugiere una mejor planificación de los muestreos, principalmente para la herpetofauna. Por otra parte, es necesario el uso de trampas para los mamíferos medianos, ya que los avistamientos por sí solos sesgan la información, pues la mayoría de los mamíferos tienen su actividad

de noche. También es deseable que se registren las actividades de los murciélagos y de las aves nocturnas. Otro problema detectado fue la identificación de las aves, ya que hay algunas especies que no se pueden identificar a simple vista, por lo cual su identificación quedó a nivel de género (como *Empidonax* spp.). Para ello sería necesario el uso de redes ornitológicas que permitan capturar a los organismos y tomarles medidas. Además, es necesario tomar en cuenta la estacionalidad, ya que las variaciones en las abundancias y riquezas de especies son reflejo de ésta.

6.5 Propuestas para la restauración

Un estrato arbóreo como el encontrado en la zona A8 (con las especies *B. cordata*, *E. camaldulensis*, *Cupressus* sp., *Schinus molle* y *Fraxinus uhdei*), favorece la visita de aves y provee de sitios de percha, así como recursos para la alimentación y anidamiento de los vertebrados. Se observó que la remoción de eucaliptos de la zona A11 en agosto de 2009 disminuyó la riqueza específica de aves considerablemente, muy probablemente porque se redujo la estratificación de la vegetación en el sitio y se eliminaron los sitios de percha. Se sabe que la complejidad estructural, más que el estatus sucesional, es frecuentemente un buen pronosticador de la calidad del hábitat para las aves (Niemi y Hanowski, 1984; Luken, 1990). Se encontró que en las tres zonas el tepozán *B. cordata* fue la especie nativa más utilizada para el forrajeo por parte de las aves, lo cual indica su importancia como fuente de recursos alimentarios y como sitio de percha gracias a su copa abierta y talla que varía entre 2 a 4 metros.

Las actividades registradas en los avistamientos de aves indican que la zona A11 es menos utilizada para el forrajeo y más para la polinización. Esto se debe principalmente a la presencia de la planta exótica *Nicotiana glauca*, la cual es visitada por seis especies de aves polinizadoras. Por otro lado, tanto las aves como los mamíferos utilizan como alimento los frutos de *Phytolacca icosandra*, lo cual la convierte en una fuente de recursos importante durante su época de fructificación.

Con base en estas observaciones y otros resultados obtenidos se formulan las siguientes propuestas para la restauración desde el punto de vista de los vertebrados:

- 1) Es importante comunicar a los participantes de las jornadas de restauración las acciones que se están llevando a cabo, el por qué de éstas acciones y pedir a las personas que tengan cuidado al trabajar para causar la menor perturbación posible en las zonas. Durante el monitoreo se detectó pérdida de sitios de letrina debido a plantas y troncos caídos sobre los sitios.
- 2) Es importante también evitar el ingreso de personas ajenas a las zonas, ya que tiran basura en los sitios. Sería recomendable delimitar la zona A8 con plantas que actúen como cercas naturales, tales como *Wigandia urens*, *Buddleia cordata*, *Opuntia tomentosa* u otras de tamaño similar.
- 3) La adición de rocas basálticas en A11 creó microhábitats que usan los reptiles y los ratones nativos (ejem. *P. gratus*), por lo cual se evalúa ésta acción como positiva para la fauna nativa y es deseable que se continúen conformando

promontorios de roca para incrementar la heterogeneidad del sustrato que incremente el número de hábitats. Asimismo, la recuperación de sustrato es parte fundamental de la restauración ya que permite que se establezcan sitios de reproducción (madrigueras) y letrinas.

- 4) Es deseable permitir el crecimiento de plantas de estrato arbóreo que no afecten en gran medida a la vegetación nativa, ya que pueden atraer a las aves pues constituyen sitios de percha. Por ello, se sugiere dejar en A8 a las plantas de *Nicotiana glauca* e introducir más encinos. Se espera que el crecimiento de los encinos a largo plazo permita un mayor número de sitios de percha a las aves.
- 5) Se recomienda, también, permitir el crecimiento de plantas que sirven de alimento para aves y mamíferos, aunque sean exóticas, malezoides o completamente malezas, como *Phytolacca icosandra*, *Nicotiana glauca* y *Schinus molle*. Otra planta que puede favorecer la disponibilidad de alimento es *Opuntia tomentosa*.

6.6 Conclusiones

La actividad y la diversidad de la fauna nativa en los sitios bajo restauración sugieren recuperación de estas áreas. Las zonas A8 y A11 sujetas a restauración han recuperado parte de su funcionalidad ya que presentan actividades de la fauna nativa y la diversidad y composición de sus comunidades de vertebrados son similares a las registradas en la zona de referencia (ZR).

La cercanía a las fuentes de colonización favorece la similitud entre sitios alterados y conservados. Ambas zonas fueron similares a la ZR en la composición, la abundancia y la diversidad de sus comunidades, sin embargo, la zona A11, al estar espacialmente en contacto con la Zona Núcleo Poniente de la REPSA, fue ligeramente más similar a la ZR que la zona A8, la cual está aislada.

La adición de roca basáltica como acción de restauración en el pedregal permitió que se crearan microhábitats que favorecieron el establecimiento de reptiles y pequeños roedores. Además, la presencia de sitios de percha en los sitios atrajo una mayor abundancia y diversidad de aves.

La presencia de fauna feral en los tres sitios de estudio muestra la problemática en cuanto a la falta del control de éstas especies dentro de la REPSA. La fauna feral, la urbanización y las enfermedades son factores que contribuyen a la pérdida de biodiversidad de la fauna silvestre (Grifo y Rosenthal, 1997), por lo cual es deseable tener un programa de control de perros y gatos ferales en la REPSA.

Aunque las acciones de restauración ecológica están facilitando que haya actividades de vertebrados, es necesario que continúen estas acciones para recuperar aún más la diversidad de éstos. También es deseable que continúe este programa de monitoreo a largo plazo.

Las reservas urbanas representan paisajes alterados ya que la conectividad con otras áreas de vegetación natural se ha perdido, los efectos de borde son pronunciados y muchos de los procesos ecológicos y especies han desaparecido

(McKinney, 2002). En hábitats fragmentados se sabe poco de la respuesta de mamíferos, reptiles y anfibios (Garden *et al.*, 2006). El conocimiento de los procesos de sucesión de los diversos ecosistemas o comunidades permite plantear diferentes enfoques para realizar una restauración ecológica con éxito.

LITERATURA CITADA

- ÁLVAREZ S., F.J., J. CARABIAS L., J. MEAVE, P. MORENO-CASASOLA, D. NAVA F., F. RODRÍGUEZ Z., C. TOVAR G. y A. VALIENTE-BANUET. 1982. *Proyecto para la creación de una reserva en el pedregal de San Ángel*. Serie de cuadernos de Ecología No. 1. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- ÁLVAREZ-ROMERO, J. G., R. A. MEDELLÍN, A. OLIVERAS DE ITA, H. GÓMEZ DE SILVA y O. SÁNCHEZ. 2008. *Animales exóticos de México: una amenaza para la biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. 502 pp.
- ANDREASSEN, H. P., S. HALLE y R. A. IMS. 1996. Optimal width of movement corridors for root voles: not too narrow and not too wide. *Journal of Applied Ecology* **33**:63-70.
- ANTONIO-GARCÉS, J.I. 2008. Restauración ecológica de la zona de amortiguamiento 8 de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, D.F. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 61 pp.
- ANTONIO-GARCÉS, J.I., M. PEÑA, Z. CANO-SANTANA, A. OROZCO-SEGOVIA y M. VILLEDA. 2009. Cambios en la estructura de la vegetación derivados de acciones de restauración ecológica en las Zonas de Amortiguamiento Biológicas y Vivero Alto. Pp. 465-481, en: Lot, A. y Z. Cano-Santana (eds.). *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

- BAKER, J., K. FRENCH y R. J. WHELAN. 2002. The edge effect and ecotonal species: bird communities across a natural edge in southeastern Australia. *Ecology*, **83**:3048-3059.
- BALDERAS-VALDIVIA, C.J., D. BARRETO-OBLE y C.A. MADRID-SOTELO. 2009. Contribución a la historia natural de *Crotalus molossus*. Pp. 363-369, en: Lot y Cano-Santana (eds.). *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- BEGON, M., C. R. TOWNSEND y J. L. HARPER. 2006. *Ecology. From Individuals to Ecosystems*. Blackwell Publishing, Oxford. 738 pp.
- BLAIR, R.B. 1996. Land use and avian species diversity along an urban gradient. *Ecological Applications*, **6**:506-519.
- CANO-SANTANA, Z. 1994. La Reserva del Pedregal como Ecosistema: Estructura Trófica. Pp. 149-158, en: Rojo, A. (comp.). *Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Ángel: Ecología, Historia Natural y Manejo*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CANO-SANTANA, Z. y J. MEAVE. 1996. Sucesión primaria en derrames volcánicos: el caso del Xilte. *Ciencias*, **41**: 41-68.
- CANO-SANTANA, Z., I. PISANTY, S. SEGURA, P. MENDOZA- HERNÁNDEZ, R. LEÓN-RICO, J. SOBERÓN, E. TOVAR, E. MARTÍNEZ-ROMERO, L. RUIZ y A. MARTÍNEZ- BALLESTÉ. 2006. Ecología, conservación restauración y manejo de las áreas naturales y protegidas del pedregal del Xitle. Pp. 203-226, en: Oyama, K. y A. Castillo (eds.). *Manejo, Conservación y Restauración de Recursos Naturales en México*. Siglo XXI y Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CANO-SANTANA, Z., S. CASTILLO-ARGÜERO, Y. MARTÍNEZ-OREA y S. JUÁREZ-OROZCO. 2008. Análisis de la riqueza vegetal y el valor de conservación de tres

- áreas incorporadas a la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Distrito Federal (México). *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, **82**: 1-14.
- CARRILLO-TRUEBA, C. 1995. *El Pedregal de San Ángel*. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 167 pp.
- CASTELLANOS-VARGAS, I. 2001. Ecología de la oviposición de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Pyrgomorphidae) en la reserva del Pedregal de San Ángel, México, D.F. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CASTELLANOS, 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 de licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CASTILLO-ARGÜERO, S., G. MONTES-CARTAS, M. A. ROMERO-ROMERO, Y. MARTÍNEZ-OREA, P. GUADARRAMA-CHÁVEZ, I. SÁNCHEZ-GALLÉN y O. NÚÑEZ-CASTILLO. 2004. Dinámica y conservación de la flora del matorral xerófilo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (D.F., México). *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, **74**: 51-75.
- CASTILLO-ARGÜERO, S. G. MONTES-CARTAS, M. A. ROMERO-ROMERO, Y. MARTÍNEZ-OREA, P. GUADARRAMA-CHÁVEZ, O. NUÑEZ-CASTILLO, I. SÁNCHEZ-GALLÉN y J. A. MEAVE. 2007. *La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: Aspectos Florísticos y Ecológicos*. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 294 pp.
- CASTILLO-ARGÜERO, S., Y. MARTÍNEZ-OREA, J. A. MEAVE, M. HERNÁNDEZ-APOLINAR, O. NÚÑEZ-CASTILLO, G. SANTIBÁÑEZ-ANDRADE y P.

- GUADARRAMA-CHÁVEZ. 2009. Flora: susceptibilidad de la comunidad a la invasión de malezas nativas y exóticas. Pp. 107-133, en: Lot, A. y Z. Cano-Santana (eds.). *Biodiversidad del Ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CECAIRA-RICOY, R. 2004. Fuerzas ascendentes y productividad secundaria en *Neoscona oaxacensis* (Araneae: Araneidae) en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, D.F. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 60 pp.
- CÉSAR-GARCÍA, S.F. 2001. Análisis de algunos factores que afectan la fenología reproductiva de la comunidad vegetal de la Reserva del Pedregal de San Ángel. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CHÁVEZ, N. y M. A. GURROLA. 2009. Avifauna. Pp. 261-275, en: Lot, A. y Z. Cano-Santana (eds.). *Biodiversidad del Ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CHÁVEZ, J. C. 1993. Dinámica poblacional y uso de hábitat por roedores en un matorral de palo loco (*Senecio praecox*). Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 63 pp.
- CHÁVEZ, J. C. y G. CEBALLOS 1994. Historia natural comparada de los pequeños mamíferos de la reserva El Pedregal. Pp. 229-238, en: Rojo, A. (comp.), *Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Ángel: Ecología, Historia Natural y Manejo*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- COLLINS S. L. y S. M. GLENN. 1997. Intermediate disturbance and its relationship to within and between patch dynamics. *New Zealand Journal of Ecology*, **21**(1):103-110.

- CRUZ-REYES, A. 2009. Fauna feral, fauna nociva y zoonosis. Pp. 455-463, en: Lot, A. y Z. Cano-Santana (eds.). *Biodiversidad del Ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- DELGADILLO, M. C. y A. CÁRDENAS. 2009. Musgos y otras Briofitas de Importancia en la Sucesión Primaria. Pp. 101-105, en: Lot, A. y Z. Cano-Santana (eds.), *Biodiversidad del Ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- EMLLEN, J.T. 1974. An urban bird community in Tucson, Arizona: derivation, structure, regulation. *Condor*, **76**:184–197.
- ESPINOSA-GARCÍA, F. 1996. Revisión sobre la alelopatía de *Eucalyptus* L'Herit. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, **58**: 55-74.
- FERNÁNDEZ, G. J. y S. M. ROSSI. 1998. Medullar type and cuticular scales patterns of hairs of rodents and small marsupials from the monte scrubland (San Luis province, Argentina). *Mastozoología tropical*, **5**:109-119.
- FOX, B. J., J. E. TAYLOR y P. T. THOMPSON. 2003. Experimental manipulation of habitat structure: a retrogression of the small mammal succession. *Journal of Animal Ecology*, **72**:927-940.
- GARDEN, J., C. MCALPINE, A. PETERSON, A. JONES y H. POSSINGHAM. 2006. Review of the ecology of Australian urban fauna: a focus on spatially explicit processes. *Austral Ecology*, **31**: 126-148.
- GARMENDIA-CORONA, A. 2009 Distribución y abundancia de roedores en Ciudad Universitaria, D.F., con énfasis en *Peromyscus gratus* (Muridae). Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 86 pp.

- GONZÁLEZ-ZERTUCHE, L., A. OROZCO-SEGOVIA y C. VÁZQUEZ-YANES. 2000. El ambiente de la semilla en el suelo: su efecto en la germinación y en la sobrevivencia de la plántula. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, **65**: 73-81.
- GRANADOS, Y. 2008. Ecología de mamíferos silvestres y ferales de la Reserva Ecológica “El Pedregal”: hacia una propuesta de manejo. Tesis de maestría. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 74 pp.
- GRIFO, F. y J. ROSENTHAL (eds.). 1997. *Biodiversity and Human Health*. Island Press, Washington.
- HALFFTER, G. 1978. Un nuevo patrón de dispersión en la Zona de Transición Mexicana: El mesoamericano de montaña. *Folia Entomologica Mexicana*, **39-40**:219-222.
- HANSSON, L. 1994. Vertebrate distributions relative to clear-cut edges in a boreal forest landscape. *Landscape Ecology*, **9**(2):105-115.
- HERRERA-CAMPOS, M. A. y R. LÜCKING. 2009. Líquenes. Pp. 81-94, en: Lot, A. y Z. Cano-Santana (eds.). *Biodiversidad del Ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- HOBBS, R. J. y D. A. NORTON. 1996. Towards a conceptual framework for restoration ecology. *Restoration Ecology*, **4**:93-110.
- HORN, H. S. 1974. The ecology of secondary succession. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **5**: 25-37.
- HORTELANO-MONCADA, Y., F. CERVANTES y A. TREJO. 2009. Mamíferos silvestres Pp. 277-293, en: Lot, A. y Z. Cano-Santana (eds.). *Biodiversidad del Ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- JOHNSTON, V. R. 1947 Breeding birds of the forest edge in Illinois. *Condor*, **49**:45-53.

- JUÁREZ-OROZCO, S. y Z. CANO-SANTANA. 2007. El cuarto elemento y los seres vivos: Ecología del fuego. *Ciencias*, **85**: 4-12.
- JUÁREZ, D., C. ESTRADA, M. BUSTAMANTE, Y. QUINTANA, J. MOREIRA y J.E. LÓPEZ. 2006. *Guía Ilustrada de Pelos para la Identificación de Mamíferos Medianos y Mayores de Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 87 pp.
- LITVAITIS, J.A. 2000. Investigating food habits of terrestrial vertebrates. Pp 165-190, en: Boitani, L. y T.K. Fuller (eds.). *Research Techniques in Animal Ecology: Controversies and Consequences*. Columbia University Press, Nueva York.
- LÓPEZ-FORMENT, C. W. 1989. La situación actual de los mamíferos en el Valle de México. Pp. 167-170, en: Gio-Argaéz, R., R. I. Hernández y E. Sáinz-Hernández (eds.). *Ecología urbana*. Sociedad Mexicana de Historia Natural, México.
- LOT, A. y Z. CANO-SANTANA (eds.). 2009. *Biodiversidad del Ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 538 pp.
- LUKEN, J.O. 1990. *Animals and Succession. Directing Ecological Succession*. Chapman and Hall. Londres.
- MACGREGOR-FORS, I., L. MORALES-PÉREZ, J. QUESADA, y J. E. SCHONDUBE. 2010. Relationship between the presence of House Sparrows (*Passer domesticus*) and Neotropical bird community structure and diversity. *Biological Invasions*, **12**:87-96.
- MAGURRAN, A. 1988. *Ecological Biodiversity and its Measurement*. Princeton University Press, Princeton, N.J.
- MARTÍNEZ-MATEOS, E. 2001. Regeneración natural después de un disturbio por fuego en dos microambientes contrastantes de la Reserva Ecológica "El Pedregal de San

- Ángel". Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- MARTÍNEZ-OREA, Y. 2001. Efecto del fuego sobre el banco de semillas de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- MARTÍNEZ-ROMERO, E. 1996. La restauración ecológica. *Ciencias*, **43**:56-61
- McKINNEY, M. L. 2002. Urbanization, biodiversity and conservation. *Bioscience*, **52**:883-890
- MEAVE, J., J. CARABIAS, V. ARRIAGA y A. VALIENTE-BANUET. 1994. Observaciones fenológicas en el Pedregal de San Ángel. Pp. 91-105, en: Rojo, A. (comp.), *Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Ángel: Ecología, Historia Natural y Manejo*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- MÉNDEZ-DE LA CRUZ, F.R., A. H. DE LA VEGA-PÉREZ y V. H. JIMÉNEZ-ARCOS. 2009. Herpetofauna. Pp. 243-260, en: Lot, A. y Z. Cano-Santana (eds.). *Biodiversidad del Ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- NAVA-LÓPEZ, M. J. JUJNOVSKY, R. SALINAS-GALICIA, J. ÁLVAREZ-SÁNCHEZ y L. ALMEIDA-LEÑERO. 2009. Servicios ecosistémicos. Pp 51-60, en Lot A. y Z. Cano-Santana (eds.). *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- NIEMI, G. J. y J. M. HANOWSKI 1984. Relationship of breeding birds to habitat characteristics in logged areas. *Journal of Wildlife Management*, **48**:438-443.

- ORTEGA-ÁLVAREZ, R. y I. MACGREGOR-FORS. 2009. Living in the big city: Effects of urban land-use on bird community structure, diversity and composition. *Landscape and Urban Planning*, **90**:189-195.
- PARKER, V. T. 1997. The scale of successional models and restoration objectives. *Restoration Ecology*, **5**(6):301-306.
- PEÑA-MENDOZA, M. T. En prep. Segunda etapa de la restauración ecológica del área de amortiguamiento 8 de la reserva del Pedregal de San Ángel. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- PLATT, W.J. y J.H. CONNELL. 2003. Natural disturbances and directional replacement of species. *Ecological Monographs*, **73**(4):507-522.
- PRIMACK, R. y F. MASSARDO. 2001. Restauración Ecológica. Pp. 559-582, en: Primack, R., R. Rozzi, P. Feinsinger, R. Dirzo y F. Massardo (eds.). *Fundamentos de Conservación Biológica: Perspectivas Latinoamericanas*. Fondo de Cultura Económica, México.
- RAMÍREZ-PULIDO, J., M. C. BRITTO, A. PERDOMO y A. CASTRO. 1986. *Guía de los Mamíferos de México*. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, México.
- RAMÍREZ-PULIDO, J., J. ARROYO-CABRALES y A. CASTRO-CAMPILLO. 2005. Estado actual y relación nomenclatural de los mamíferos terrestres de México. *Acta Zoológica Mexicana*, **21**: 21-82.
- REIJNEN, R., R. FOPPEN y G. VEENBAAS. 1997. Disturbance by traffic of breeding birds: evaluation of the effect and considerations in planning and managing road corridors. *Biodiversity and Conservation*, **6**:567-581.

- RIES L. y T. D. SISK. 2004. A predictive model of edge effects. *Ecology*, **85**(11):2917-2926.
- RINCÓN, Y. A., M. ATAROFF y F. RADA. 2005. Dinámica hídrica de un pastizal de *Pennisetum clandestinum* [Hochst ex Chiov]. Pp. 19-24, en: Ataroff, M. y J.F. Silva (eds.). *Dinámica Hídrica en Sistemas Neotropicales*. Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas, Universidad Los Andes, Mérida, Venezuela.
- ROJO, A. 1994. *Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Ángel: Ecología, Historia Natural y Manejo*. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 410 pp.
- RUEDA-SALAZAR, A. M. y Z. CANO-SANTANA. 2009. Artropodofauna. Pp. 171-201, en: Lot, A. y Z. Cano-Santana (eds.). *Biodiversidad del Ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- RZEDOWSKI, J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Ángel. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México*, **8**(1-2): 59-129.
- SARMIENTO, F. O. 2000. *Diccionario de Ecología: Paisajes, Conservación y Desarrollo Sustentable para Latinoamérica*. Ediciones Abya-Yala, Quito, Ecuador. 226 pp.
- SEGURA-BURCIAGA, S. G. 1995. Estudio poblacional de *Eucalyptus resinifera* Smith (Myrtaceae) en la reserva ecológica del Pedregal de San Ángel, C. U., México, D.F. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 90 pp.
- SEGURA-BURCIAGA, S. y J. MEAVE. 2001. Effect of the removal of the exotic *Eucalyptus resinifera* on the floristic composition of a protected xerophytic shrubland in Southern México City. Pp. 319-330, en: Brundu, G., J. Brock, I. Camarda, L. Child y M. Wade (eds.). *Plant Invasions: Species Ecology and Ecosystem Management*. Backhuys Publishers, Leiden, Holanda.

- SER, Society for Ecological Restoration International. 2009. Principios de SER International sobre la restauración ecológica. Grupo de trabajo sobre ciencias políticas. En línea: [www.ser.org]. Fecha de consulta: 14 de mayo de 2009
- SIEBE, C. 2000. Age and archaeological implications of Xitle volcano, southwestern Basin of Mexico-City. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **104** (1-4): 45-64.
- SIEGEL, S. y N. J. CASTELLAN. 1995. *Estadística no paramétrica: aplicada a las ciencias de la conducta*. Trillas, México. 437 pp
- SOBERÓN M., J., M.M. DE LA CRUZ R. y C.G. JIMÉNEZ .1990. Ecología hipotética de la Reserva del Pedregal de San Ángel. Pp. 129-148, en: Rojo, A. (comp.). *Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Ángel: Ecología, Historia Natural y Manejo*. Universidad Nacional Autónoma de México (1994), México.
- SOBERÓN, J. y J. LLORENTE. 1993. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology*, **7**:480-488.
- TUCKER, N. I. J. 2000. Wildlife colonisation on restored tropical lands: what can it do, how can we hasten it and what can we expect? Pp. 279-295, en: Elliott, S., J. Kerby, , D. E. Blakesley, K. Hardwick, K. Woods, y V. Anusarnsunthorn (eds.). *Forest Restoration for Wildlife Conservation*, Chai Mai University, Tailandia.
- URIBE-PEÑA, Z., A. RAMÍREZ-BAUTISTA y G. CASAS-ANDREU. 1999. *Anfibios y Reptiles de las Serranías del Distrito Federal, México*. Cuadernos 32. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- UNAM, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. 2005. Acuerdo por el que se razonifica, delimita e incrementa la Zona de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria. *Gaceta UNAM*, 2 de junio de 2005: 20-21.

- VALENZUELA, V. H., T. HERRERA y E. PÉREZ-SILVA. 2009. Macromicetos. Pp. 95-100, en: Lot, A. y Z. Cano-Santana (eds.), *Biodiversidad del Ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- VALIENTE-BANUET, A. y G. E. DE LUNA. 1990. Una lista florística actualizada para la reserva del Pedregal de San Angel, México, D.F. *Acta Botánica Mexicana*, **9**:13-30
- VALVERDE, T., J. A. MEAVE, J. CARABIAS y Z. CANO-SANTANA. 2005. *Ecología y Medio Ambiente*. Pearson, México. 240 pp.
- VÁZQUEZ-YANES, C. y A. I. BATIS. 1996. La Restauración de la vegetación: árboles exóticos vs. árboles nativos. *Ciencias*, **43**: 16-23.
- VEGA, E. y E. PETERS. 2003. *Conceptos Generales sobre el Disturbio y sus Efectos en los Ecosistemas*. Instituto Nacional de Ecología, México. En línea: [http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/395/vega_peters.html] Fecha de consulta: 28 de mayo de 2010
- VILLASEÑOR-GÓMEZ, J. F. y E. SANTANA C. 2003. El monitoreo de poblaciones: herramienta necesaria para la conservación de aves en México. Pp. 224 – 251, en: Gómez de Silva, H. y A. Oliveras de Ita (eds.). *Conservación de Aves: Experiencias en México*. Sociedad para el Estudio y Conservación de Aves en México, A.C. (CIPAMEX), México.
- VILLEDA-HERNÁNDEZ, M. En prep. Regeneración de la comunidad vegetal y de dos especies animales en el sureste del área “Vivero Alto” de la Reserva del Pedregal de San Ángel sujeta a acciones de restauración ecológica. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- WHITTAKER, R. H. 1953. A Consideration of Climax Theory: the Climax as a population and pattern. *Ecological Monographs*, **23**:41-78.

ZAMORA, R. 2002. La restauración ecológica: una asignatura pendiente. *Ecosistemas*,
XI:1. En línea: [<http://www.um.es/gtiweb/adrico/medioambiente/restauracion-pendiente.htm>].

ZAR, J. H. 1999. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, Upper Saddle River, Nueva Jersey.
663 pp.

Anexo. Listado de especies de aves encontradas en dos zonas sujetas a restauración ecológica: el noreste del área A8 (A8), el sureste del área de amortiguamiento A11 (A11), así como en un área conservada de referencia (ZR) localizada en la zona núcleo poniente en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Datos de junio de 2009 a mayo de 2010.

Orden	Familia	Especie	Nombre común	A8	A11	ZR	Gremio ¹
Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina inca</i>	Tórtola	x	x		G
Apodiformes	Trochilidae	<i>Colibri thalassinus</i>	Verdemar	x		x	N
		<i>Cyananthus latirostris</i>	Chupaflor matraquita	x	x	x	N
		<i>Hylocharis leucotis</i>	Colibrí oreja blanca	x	x	x	N
		<i>Amazilia beryllina</i>	Chupaflor berilo	x	x	x	N
		<i>Amazilia violiceps</i>	Chupaflor coronivioleta		x		N
		<i>Lampornis clemenciae</i>	Chupaflor garganta azul		x	x	N
		<i>Eugenes fulgens</i>	Chupaflor magnífico	x	x	x	N
		<i>Archilocus colubris</i>	Chupaflor rubí		x	x	N
Piciformes	Picidae	<i>Picoides scalaris</i>	Carpintero melicano	x	x	x	I
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Camtopstoma imberbe</i>	Mosquerito silbador	x		x	I
		<i>Contopus pertinax</i>	Tengofrío mayor	x	x	x	I
		<i>Contopus sordidulus</i>	Tengofrío occidental	x	x	x	I
		<i>Empidonax sp.</i>	Mosquerito	x	x	x	I
		<i>Empidonax minimus</i>	Mosquerito mínimo	x	x	x	I
		<i>Empidonax fulvifrons</i>	Mosquerito pecho leonado	x	x		I
		<i>Sayornis nigricans</i>	Papamoscas negro	x			I
		<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Cardenalito	x	x	x	I
		<i>Myiarchus tuberculifer</i>	Copetona	x			I
		<i>Myiarchus cinerascens</i>	Papamoscas cenizo			x	I
		<i>Tyrannus vociferans</i>	Chilero	x	x	x	I
	Laniidae	<i>Lanius ludovicianus</i>	Verduguillo	x	x	x	C
	Vireonidae	<i>Vireo bellii</i>	Vireo aceitunado	x	x	x	I
		<i>Vireo huttoni</i>	Vireo oliváceo		x	x	I
		<i>Vireo gilvus</i>	Vireo gorjeador		x		I

Orden	Familia	Especie	Nombre común	A8	A11	ZR	Gremio ¹
	Hirundinidae	<i>Tachycineta bicolor</i>	Golondrina bicolor		x	x	I
		<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina tijerilla	x	x	x	I
	Aegithalidae	<i>Psaltriparus minimus</i>	Sastrecito	x	x	x	I
	Troglodytidae	<i>Catherpes mexicanus</i>	Saltapared risquero		x	x	I
		<i>Thryomanes bewickii</i>	Saltapared tepetatero	x	x	x	I
		<i>Troglodytes aedon</i>	Matraquita	x	x	x	I
	Regulidae	<i>Regulus calendula</i>	Reyezuelo sencillo	x	x	x	I
	Sylviidae	<i>Poliophtila caerulea</i>	Perlita común	x	x	x	I
	Turdidae	<i>Catharus ustulatus</i>	Zorzal solitario	x	x	x	I
		<i>Turdus rufopalliatus</i>	Primavera chivillo	x	x	x	F
		<i>Turdus migratorius</i>	Primavera real	x	x	x	F
	Mimidae	<i>Toxostoma curvirostre</i>	Cuitlacoche	x	x	x	I
	Bombycillidae	<i>Bombycilla cedrorum</i>	Chinito	x			F
	Ptilonotidae	<i>Ptilonotus cinereus</i>	Capulinerio	x	x	x	F
	Parulidae	<i>Vermivora peregrina</i>	Gusanero verdillo	x	x	x	I
		<i>Vermivora celata</i>	Gusanero de corona anaranjada	x	x	x	I
		<i>Vermivora ruficapilla</i>	Gusanero de coronilla	x	x	x	I
		<i>Vermivora virginiae</i>	Gusanero de Virginia	x	x	x	I
		<i>Dendroica coronata</i>	Chipe coronado	x	x	x	I
		<i>Dendroica nigrescens</i>	Chipe negro-gris	x	x	x	I
		<i>Dendroica townsendi</i>	Chipe negro-amarillo	x		x	I
		<i>Dendroica occidentalis</i>	Chipe cabeza amarilla	x		x	I
		<i>Mniotilta varia</i>	Chipe trepador	x	x	x	I
		<i>Seiurus noveboracensis</i>	Laguerito		x		I
		<i>Oporornis tolmiei</i>	Chipe de Tolmie		x	x	I
		<i>Geothlypis nelsoni</i>	Mascarita transvolcánica	x	x	x	I
		<i>Wilsonia pusilla</i>	Chipe corona negra	x	x	X	I
		<i>Myioborus miniatus</i>	Pavito selvático	x		x	I
		<i>Basileuterus rufifrons</i>	Chipe gorirrufo	x			I
		<i>Icteria virens</i>	Buscabreña		x		I

Orden	Familia	Especie	Nombre común	A8	A11	ZR	Gremio ¹
	Thraupidae	<i>Piranga flava</i>	Candelo	x		x	F
		<i>Piranga rubra</i>	Quitrique	x		x	F
		<i>Piranga ludoviciana</i>	Tángara cabeciroja		x		F
	Emberizidae	<i>Diglossa baritula</i>	Picaflor	x	x	x	N
		<i>Atlapetes pileatus</i>	Saltón gorirrufo			x	G
		<i>Pipilo fuscus</i>	Pájara vieja	x	x	x	O
		<i>Spizella passerina</i>	Gorrión cejiblanca	x	x		G
		<i>Melospiza melodia</i>	Gorrión cantor	x	x	x	G
		<i>Melospiza lincolnii</i>	Gorrión de Lincoln			x	G
	Cardinalidae	<i>Pheucticus melanocephalus</i>	Picogordo tigrillo	x	x	x	G
		<i>Passerina caerulea</i>	Picogordo azul	x	x	x	G
		<i>Passerina cyanea</i>	Azulito	x	x	x	G
		<i>Passerina versicolor</i>	Colorín morado	x			G
		<i>Passerina ciris</i>	Colorín		x		G
	Icteridae	<i>Molothrus aeneus</i>	Tordo ojirrojo	x	x	x	O
		<i>Icterus spurius</i>	Bolsero castaño	x	x		I
		<i>Icterus gularis</i>	Bolsero de Altamira		x		I
		<i>Icterus galbula</i>	Bolsero de Baltimore		x		I
		<i>Icterus bullockii</i>	Bolsero de Bullock	x	x	x	I
		<i>Icterus abeillei</i>	Calandria	x	x	x	I
		<i>Icterus parisorum</i>	Bolsero tunero	x	x	x	I
	Fringillidae	<i>Carpodacus mexicanus</i>	Gorrión mexicano	x	x	x	G
		<i>Carduelis psaltria</i>	Dominico	x	x	x	G
	Passeridae	<i>Passer domesticus</i>	Gorrión inglés	x	x	x	O

¹C= Carnívoro, F= Frugívoro, G= Granívoro, I= Insectívoro, N= Nectarívoro y O= Omnívoro