



Universidad Nacional
Autónoma de México

Facultad de Estudios Superiores
Iztacala



Patrones de Actividad de los Mamíferos de la Reserva
Ecológica del Pedregal de San Ángel, Ciudad Universitaria,
Ciudad de México.

Tesis

Para obtener el título de Biólogo

Presenta

José Vladimir Rojas Sánchez

Director de tesis: Dr. José Juan Flores Martínez



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por darme la oportunidad de vivir esta experiencia y aprender infinidad de lecciones tanto dentro como fuera del aula por medio de mis profesores y amigos. Me siento muy orgulloso de haber logrado ser parte de la UNAM y de la FES Iztacala la cual fue mi segunda casa por más de cuatro años, años que no cambiaría por nada.

Al Dr. José Juan Flores quien fue mi asesor de tesis, gracias por recibirme como un amigo desde la primera vez que me presenté en el Instituto de Biología, y por haberme ofrecido consejos, lecciones y oportunidades que considero invaluable tanto en mi formación profesional como en el aspecto personal.

A la Secretaria Ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y a todo su personal que me apoyaron con el material, uso de sus instalaciones y por la autorización de trabajar dentro de la REPSA para llevar a cabo este trabajo.

Al Dr. Guillermo Gil y a la M. en C. Marcela Pérez por ayudarme a familiarizarme con la Reserva y ofrecerme su ayuda e interés en mi proyecto para llevarlo a cabo de la mejor manera.

A la M. en C. Yolanda Hortelano de la Colección Nacional de Mamíferos del Instituto de Biología por su apoyo en la identificación de los ejemplares de mamíferos pequeños capturados a lo largo de los muestreos así como por su ayuda en la revisión de mis resultados.

A mi compañero y amigo Ricardo Rodríguez con quien he compartido muchos momentos tanto dentro como fuera de la REPSA por haber compartido sus conocimientos y experiencias en lo profesional y lo personal así como a mis demás compañeros que conocí a lo largo de estos años en el Instituto de Biología de quienes me llevo muchos recuerdos muy buenos.

A mi familia que me ha apoyado y me sigue ayudando incondicionalmente; sin ayuda de mi madre, nunca hubiera sido posible llegar a cumplir este sueño que empezó aquel día cuando mi padre me contó de lo que la UNAM representaba. A mi hermano que me impulsa a ser mejor para tratar de mostrarle un camino el cual podría seguir y a quien a pesar de los desacuerdos siempre llevo presente.

A todos mis amigos que conocí a lo largo de la carrera, sobre todo a los que aún están conmigo por haberme ayudado a adaptarme a esta ciudad y por haber compartido conmigo momentos en las aulas, laboratorios, prácticas de campo así como por compartirme sus ideas, su música, sus casas y sus conocimientos a lo largo de todos estos años.

Y a la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel por dejar maravillarme durante más de un año con sus paisajes, sus colores, sus texturas, sus aromas y su tranquilidad.

Dedicatoria

A mi madre, quien a pesar de todo y de todos sigue incansable trabajando por nosotros, gracias por todo el amor y comprensión que me has dado por toda la vida, gracias por ser tan única y fuerte, más allá de lo obvio sé que sin ti no sería nada de mi persona, en todo lo que soy y en todo lo que hago está tu invaluable amor.

A mi padre, quien tiene ese talento especial para hacerme recordar cada palabra de aquellas platicas que han forjado mi personalidad, gracias por haberme dado la ambición de querer ser el mejor, en cada pensamiento y en cada decisión están tus palabras y consejos.

A mi hermano, quien es la persona más parecida a mí en todo el mundo, con quien he compartido todo en la vida, con quien he jugado, reído y he peleado, no soy hábil con las palabras, pero a pesar de que nunca te digo que te quiero me gustaría que sepas que yo daría todo por ti, en cada paso que doy está mi ilusión de ayudarte a llegar más lejos de lo que yo podría aspirar.

Ustedes tres son los pilares responsables de este logro y esta etapa que concluye con la impresión de este trabajo, sin su apoyo y sin su amor hubiera sido imposible levantarme de los peores momentos de mi vida y no hubiera sido posible disfrutar todos los momentos felices que la vida tiene.

En casa o a la distancia ustedes siempre están en mi pensamiento.

Índice de contenido.

Resumen.....	6
Abstract	6
Introducción	7
1.1. Impacto ambiental	7
1.2. Estrategias Antidepredación.	9
1.3. Importancia de un monitoreo	10
2. Antecedentes	10
3. Objetivos	12
4. Hipótesis.....	12
5. Materiales y Métodos	13
5.1. Zona de estudio.....	13
5.2. Método de muestreo	14
5.2.1. Muestreo de mamíferos pequeños.....	15
5.2.2. Muestreo de mamíferos medianos.....	16
5.3. Análisis estadísticos.....	18
6. Resultados	19
6.1. Diversidad de mamíferos en la REPSA	19
6.2. Monitoreo de mamíferos pequeños	21
6.2.1. Zona Núcleo Poniente (Perturbada).....	21
6.2.2. Zona Núcleo Oriente (Conservada).	24
6.3. Monitoreo de mamíferos medianos.	27
6.3.1. Zona Núcleo Poniente (Perturbada).....	27
6.3.2. Zona Núcleo Oriente (Conservada)	28
6.3.3. Análisis estadístico.	29
6.4. Picos de actividad de mamíferos medianos.....	30
7. Discusión	31
8. Conclusiones.....	34
9. Literatura Citada.....	36
10. Anexos	41
10.1. Mamíferos pequeños.	41
10.2. Fototrampeo y detección de rastros de mamíferos.	42
10.3. Mapas.....	46

Índice de ilustraciones.

Mapas

Mapa 1. Fotografía satelital de la REPSA 14

Figuras

Figura 1. Representación gráfica del método de marcaje de roedores 15

Fotografías

Fotografía 1. Fototrampa LT Acorn 5210 16

Cuadros

Cuadro 1. Listado de mamíferos registrados en la REPSA 19

Cuadro 2. Condensado de capturas de mamíferos pequeños en ZNP durante luna nueva..... 22

Cuadro 3. Condensado de capturas de mamíferos pequeños en ZNP durante luna llena..... 22

Cuadro 4. Resultado de la prueba de Shapiro-Wilk de los mamíferos pequeños en la ZNP 23

Cuadro 5. Resultado de la prueba de Levene para los mamíferos pequeños en la ZNP 23

Cuadro 6. Resultado de la prueba de ANOVA para los mamíferos pequeños en la ZNP 23

Cuadro 7. Condensado de capturas de mamíferos pequeños en la ZNO durante luna nueva 24

Cuadro 8. Condensado de capturas de mamíferos pequeños en la ZNO durante luna llena 24

Cuadro 9. Resultado de la prueba de Shapiro-Wilk de los mamíferos pequeños en la ZNO..... 25

Cuadro 10. Resultado de la prueba de Levene para los mamíferos pequeños en la ZNO 26

Cuadro 11. Resultado de la prueba de ANOVA para los mamíferos pequeños en la ZNO 26

Cuadro 12. Resultado de la prueba de Shapiro-Wilk de los mamíferos medianos 30

Cuadro 13. Resultado de la prueba de Levene para los mamíferos medianos..... 30

Cuadro 11. Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis para los mamíferos medianos 30

Gráficos

Gráfico 1. Comparación entre el total de capturas de mamíferos pequeños por cada ZN..... 21

Gráfico 2. Comparación de capturas de mamíferos pequeños en ZNP por fase lunar 22

Gráfico 3. Comparación de capturas de mamíferos pequeños en ZNO por fase lunar 25

Gráfico 4. Comparación general del número de capturas por cada fecha de muestreo 26

Gráfico 5. Comparación entre el total de capturas de mamíferos medianos por cada ZN..... 27

Gráfico 6. Comparación de capturas de mamíferos medianos en ZNP por fase lunar 28

Gráfico 7. Comparación de capturas de mamíferos medianos en ZNO por fase lunar 29

Gráfico 8. Comparación de capturas de fauna feral y fauna nativa ZN por fase lunar..... 29

Gráfico 9. Picos de actividad de los mamíferos registrados a lo largo del día 31

Resumen

La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel representa un importante refugio remanente de la biodiversidad existente en el Pedregal de Xitle. Sin embargo, presenta varias amenazas que ponen en riesgo todos los servicios ambientales que esta le brinda al Sur de la Ciudad de México. Por esa razón, los estudios de monitoreo que se realizan en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel brindan herramientas para llevar a cabo programas de conservación y restauración. Algunos mamíferos presentan una serie de estrategias que les permiten adaptarse a momentos específicos en el ambiente, un ejemplo de ello son los patrones de actividad que presentan a lo largo día, los cuales consisten en una serie de conductas que les permiten aumentar su posibilidad de supervivencia en base a la modificación de sus hábitos. Se registraron un total de 11 especies de mamíferos capturados mediante trampas Sherman y fototrampeo. Se encontraron dos especies exóticas invasoras (*Felis silvestris catus* y *Canis lupus familiaris*). Se observó un mayor número de individuos capturados en luna nueva, lo que sugiere que estos tienden a disminuir su actividad en periodos de mayor riesgo para ser localizados por un depredador. Además se precisaron los picos de actividad de los mamíferos medianos donde se reconoció que entre las 22:00 y 23:59 PM hubo mayor número de capturas.

Abstract

The Ecologic Reserve of Pedregal de San Angel represents an important shelter of the biodiversity that exist in the Pedregal of Xitle. However, faces several serious threats that endanger all services it provides to the south of the Mexico City. Reason why, monitoring studies that are developed in the Ecologic Reserve of Pedregal de San Angel gives us tools to carry out conservation and restauration programs. Some mammals present a number of strategies that allow them to adapt to specific moments in the environment, a proof of that are the activity patterns that sometimes correspond to behavior that tries to avoid the encountering predators. There were registred a total of 11 species of mammals captured by Sherman traps and camera trapping. There were found two invasive alien species (*Canis lupus familiaris* and *Felis silvestris catus*) while there were not reported exotic rodents in none of the two studied zones. A greater number of captured animals was observed in new moon, this suggest that the animals use to decrease their activity in periods of increased risk to be located by a predator. Further, the activity peaks were determinated suggesting that the animals in the reserve used to go out of their refuges between 22:00 and 23:59 commonly.

Introducción

1.1. Impacto ambiental

Parte de la importancia de la biodiversidad radica en diversos puntos de interés humano, en primer lugar la interdependencia entre todos los organismos para su supervivencia. Aunque el humano ha logrado dominar y manejar su entorno en su propio beneficio sería imposible su supervivencia sin los recursos y servicios que el ambiente le brinda (Calvo-Sedín et al., 2000).

La cantidad y la calidad de los recursos naturales son aspectos importantes a la hora de extrapolar el valor biológico de la biodiversidad a un punto de vista económico donde se reconocen cuatro tipos de servicios ecosistémicos, los de abastecimiento, regulación, apoyo y culturales (TEEB, 2010), todos estos integrados son la base del llamado capital económico del cual forma parte la infraestructura del país desde el punto de vista financiero, de producción agrícola, de generación y distribución de energía (CONABIO, 2009).

El impacto de la actividad antrópica en el planeta en la actualidad es alarmante y en los últimos años el deterioro que el humano ha ejercido en la tierra con el fin de satisfacer sus necesidades así como sus efectos ya evidentes son un tema de gran relevancia internacional donde el aumento en las concentraciones de gases de efecto invernadero así como la acelerada tasa de cambio de uso de suelo son asuntos muy preocupantes (Vitousek et al., 1986; Hooke et al., 2012). Además, la situación no parece que vaya a mejorar según el punto de vista económico y demográfico ya que se estima que para mediados del siglo XXI se alcancen los 10 mil millones de habitantes (Wackernagel y Rees, 2001).

Conforme los avances tecnológicos progresan, el alcance y el poder de manipulación que tiene el humano sobre los ecosistemas crece lo cual ha traído toda una serie de cambios ambientales que han afectado drásticamente el modo en que la vida se desenvuelve en el planeta (Vitousek et al., 1997a).

La urbanización es un importante factor de desgaste ambiental, ya que el proceso de transformación de ambientes que busca cubrir las necesidades humanas lleva a la fragmentación y/o destrucción de los ecosistemas lo cual conlleva a fenómenos como la introducción de especies exóticas invasoras (Adams et al., 2010).

A pesar del grado de urbanización de la Ciudad de México aún se pueden encontrar áreas verdes urbanas como jardines botánicos, parques ciudadanos así como suelos de

conservación como la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) donde existen especies nativas tanto de plantas como animales que han logrado sobrevivir a los asentamientos humanos (PAOT, 2003; Hortelano-Moncada et al., 2009).

Las 237 hectáreas remanentes del Pedregal de San Ángel (REPSA, 2013) aporta una serie de beneficios a la Ciudad de México, particularmente a los habitantes del sur de la ciudad (Granados-Pérez, 2008), como por ejemplo, toda la serie de servicios ecosistémicos como la recarga de mantos acuíferos, la fijación de CO², la producción de O², la estabilización del clima del sur de la ciudad y por supuesto su valor estético y cultural (Cano-Santana, 1994; Cano-Santana et al., 2008).

Los pedregales en sus diferentes grados de intemperización poseen un particular interés biológico ya que conjuntan una singular riqueza de vida tanto vegetal como animal, consecuencia de la variedad de microambientes que brindan las irregularidades de la superficie rocosa, sus grietas, oquedades y riscos (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 2002). La REPSA no es la excepción, desgraciadamente gran parte de ese peculiar ecosistema ha sido transformado por la reducción del pedregal mediante la extracción de roca y la construcción de edificios, vialidades, estacionamientos y jardines (Lot et al., 2012).

Parte del deterioro de la REPSA es ocasionado por las construcciones, vialidades y los accesos por parte del personal propio de la Reserva así como de visitantes sin autorización. Sin embargo también encontramos un problema que no solo afecta a la Reserva del Pedregal, sino que representa un componente del cambio ambiental global ocasionado por la actividad humana: La introducción de fauna exótica (Vitousek et al., 1997b).

La REPSA constituye un invaluable refugio para varias de las especies nativas del Valle de México como los tlacuaches (*Didelphis virginiana*) y cacomixtles (*Bassariscus astutus*) los cuales son emblemáticos del campus universitario (García, 2007; Bernal-Legaria, 2011).

Además se pueden hallar otros grupos de animales y plantas de las cuales algunas son endémicas o están enlistadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (Negrete y Soberón, 1994), por lo cual es de gran importancia conocer y hacer un monitoreo constante de las especies que ahí se encuentran, además de proponer y llevar a cabo programas de control y erradicación de fauna feral ya que al encontrarse dentro de la ciudad hace a la REPSA especialmente vulnerable a el impacto que esta fauna trae consigo.

Actualmente es posible encontrar una gama de especies exóticas en la REPSA como: anfibios como ranas, algunos reptiles como iguanas (*Iguana iguana*), tortugas además de aves como palomas y gorriones los cuales compiten con la fauna nativa. Sin embargo la principal amenaza radical en la presencia de fauna feral como perros (*Canis lupus familiaris*) y gatos (*Felis silvestris catus*) los cuales generan cambios en los hábitos y conducta de las especies nativas ya que compiten por los recursos y son capaces de transmitirles enfermedades (Lot et al., 2012).

La fauna feral no solo constituye un peligro para los ecosistemas, si no también son una amenaza de salud pública ya que son capaces de transmitir enfermedades al ser humano; actualmente se tienen identificadas 35 enfermedades que pueden ser transmitidas de perros y gatos a humanos, lo cual es conocido por el concepto de zoonosis (Tasker, 2007; Cruz-Reyes, 2009; Lot et al., 2012).

1.2. Estrategias Antidepredación.

El éxito de depredación de los animales carnívoros nocturnos como varias especies de mamíferos así como algunas aves está relacionado con las variables ambientales, particularmente se ha observado un aumento en el éxito de depredación en periodos de luna llena ya que los organismos presa son observados más fácilmente por los depredadores (Longland y Price, 1991). De este modo el riesgo de depredación es un factor que ha traído como resultado una serie de cambios tanto morfológicos como etológicos en los organismos presa como una estrategia adaptativa (Kotler et al., 1991).

Cabe mencionar que el tipo de estrategia contra la depredación que los animales adoptan depende también de aspectos que involucran la biología específica de cada animal así como fenómenos de competencia por el alimento y ámbito hogareño (Upham y Hafner, 2013).

Ejemplo de esto es la reducción de la actividad de estos organismos en situaciones particulares (Lima, 1998a; Lima y Dill, 1990, Mandelik et al., 2003). Dependiendo del periodo de riesgo a el que la presa esté expuesta será el grado de inactividad que presente; si el riesgo es temporal se verá una ligera variación en su comportamiento antidepredación, sin embargo, si el tiempo de peligro es constante el organismo reducirá su actividad al mínimo, pero sin suspender su alimentación para el correcto funcionamiento de sus procesos metabólicos (Griffin et al., 2005).

Muchas veces los periodos de riesgo no son persistentes en el ambiente, más bien, estos se pueden presentar en un mismo lugar en tiempos diferentes, dando como resultado un comportamiento donde el organismo en los periodos de tiempo de mayor riesgo reducirá su actividad al máximo pero esto lo compensará aumentando su actividad en los periodos más seguros (Lima y Bednekoff, 1999).

Un ejemplo de lo anterior ocurre en las fases lunares, donde debido a los movimientos de rotación y traslación tanto de la tierra alrededor del sol así como de la luna alrededor de la tierra, la incidencia de luz se da únicamente en la mitad del satélite, mitad que no siempre coincide con lo observable desde la tierra dando lugar a este fenómeno, como resultado tenemos una mayor o menor incidencia de luz sobre la tierra en dos diferentes periodos de tiempo, de este modo los organismos se encuentran más propensos a ser depredados en periodos de luna llena (Lima, 1998b).

Es por lo anterior que los organismos presa suelen adoptar comportamientos que les brindan más seguridad dependiendo del momento, por ejemplo en periodos de alto riesgo suelen mantenerse en sus madrigueras, caso contrario a lo ocurrido en el periodo de luna nueva, donde los organismos son menos perceptibles por los depredadores y así pueden realizar sus actividades sin estar completamente exentos de la depredación (Lima, 1998b, Daly et al., 1992).

1.3. Importancia de un monitoreo

El monitoreo de mamíferos brinda una serie de datos que pueden dar una idea del grado de perturbación de un ecosistema ya que además de los distintos nichos ecológicos que ocupan en los diferentes niveles de la cadena trófica algunos de ellos son indicadores de la calidad del hábitat ya que pueden señalar que hay algún factor ya sea físico, químico o ambiental que puede estar afectando la dinámica de cierta especie haciendo que alguno de sus requerimientos especializados al no ser cumplido lleve a su posterior desaparición (Landres et al., 1988).

Por el lado contrario, tenemos especies que se benefician por la fragmentación del hábitat o simplemente logran sobrevivir a pesar de esto provocando una sustitución de la fauna del lugar (Dickman y Doncaster, 1987).

2. Antecedentes

Para realizar un estudio integral de mamíferos es necesario contar con un listado completo de las especies ahí presentes. Hortelano-Moncada et al. (2009) integraron un listado general de las especies de mamíferos nativos de la REPSA recopilando una serie de

Patrones de actividad de los mamíferos de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel

inventarios mastozoológicos previos así como la consulta de colecciones científicas y bases de datos virtuales complementando los resultados mediante la síntesis de datos de recolectas realizadas a través de 64 años (1943-2007) donde reporta 33 especies de mamíferos silvestres siendo el orden Rodentia el mejor representado.

La intensidad de la luz en las noches de luna nueva ha sido mencionada en diversos trabajos de investigación como una variable importante en el comportamiento de los mamíferos de hábitos crepusculares y nocturnos ya que estos influyen en sus patrones de actividad.

Garmendia-Corona (2009), evaluó la distribución y abundancia de roedores en Ciudad Universitaria utilizando trampas tipo Sherman en tres periodos, febrero-marzo, junio-julio y octubre noviembre. La selección de las fechas de muestreo fue determinada en base a las noches con luna nueva únicamente lo que evitó una disminución en su índice de captura.

Este no es el único trabajo donde se sigue este método ya que San José-Alcalde en el 2010 realizó un monitoreo de las actividades de vertebrados en la REPSA donde para el estudio de mamíferos pequeños se utilizaron trampas tipo Sherman en seis muestreos mensuales durante dos noches consecutivas igualmente durante luna nueva. Sin embargo, no se tiene un trabajo que profundice en los patrones de actividad de los mamíferos de la REPSA tomando en cuenta específicamente esta variable.

La influencia de esta variable ambiental en particular fue estudiada por Griffin et al. (2005) donde se monitoreó la actividad de la liebre americana (*Lepus americanus*) así como su tasa de mortandad en periodos de bajo y alto riesgo dependiendo del nivel máximo de iluminación lunar. Ellos llevaron a cabo la localización y observación directa de los organismos y monitorearon sus patrones de actividad o reposo. Obtuvieron como resultado que el mayor número de muertes se dio en los días cercanos a la luna llena y además agregaron los días con nevadas como una variable más, ya que bajo esta condición la luz es reflejada por la superficie haciendo aún mayor la percepción de alguna presa por un depredador.

La problemática de la fauna feral dentro de la REPSA fue estudiada por Ramos-Rendón en 2010. Mediante el uso de trampas Tomahawk y fototrampas realizó un muestreo entre junio del 2008 y mayo del 2009 buscando precisar el estado de las poblaciones de mamíferos medianos en dos zonas núcleo de la REPSA (Zona Núcleo Poniente y Zona Núcleo Oriente). La especie más abundante fue *Didelphis virginiana* seguida de *Bassariscus astutus*. También registró especies menos abundantes como ardillón (*Otospermophilus*

variegatus), conejo castellano (*Sylvilagus floridanus*) así como zorrillo (*Spilogale gracilis*); además logró registrar especies exóticas como perros y gatos ferales los cuales se determinó que tienen un impacto negativo en las poblaciones nativas. El efecto de la depredación de especies nativas por parte de gatos ferales en la REPSA fue precisado mediante el análisis de su dieta donde la mayoría de presas fueron roedores de especies nativas como *Neotoma mexicana*, *Peromyscus gratus* y *Reithrodontomys fulvescens*.

3. Objetivos

El objetivo general de este estudio es determinar los patrones de actividad de los mamíferos no voladores de la REPSA.

Los objetivos particulares son:

- Elaborar un listado de las especies de mamíferos registrados en la REPSA.
- Precisar la distribución de los mamíferos registrados en la Reserva con respecto a su presencia en cada Zona Núcleo.
- Determinar los patrones de actividad de mamíferos en la REPSA en función de la variable de las fases lunares.
- Evaluar los picos de actividad a lo largo del día de los mamíferos presentes en la REPSA.
- Contabilizar el número de mamíferos ferales fotografiados para determinar su distribución y abundancia dentro de la REPSA.

4. Hipótesis

Si algunos mamíferos presentes en la REPSA son de hábitos nocturnos y algunos de ellos corren el riesgo de ser depredados entonces las presas optarán por aumentar su actividad en periodos donde sea menos probable ser avistados por un depredador como en luna nueva.

5. Materiales y Métodos

5.1. Zona de estudio

Ubicada al suroeste de la Ciudad de México dentro del campus de Ciudad Universitaria, entre las coordenadas geográficas 19°18'21"– 19°19'17" Norte y 99°10'15" — 99°12'04" Oeste, la REPSA posee un gradiente altitudinal de 2,200-2,277 m.s.n.m. Presenta un clima templado subhúmedo presentando una temperatura media anual de 15.5°C así como una precipitación promedio anual de 835 mm; presenta una estacionalidad bien definida con una temporada seca de noviembre a mayo y una temporada de lluvias de junio a octubre (García, 1988; Meave et al., 1994; Castillo-Argüero et al., 2004).

El ecosistema fue formado hace 1670 años aproximadamente tras la erupción del volcán Xitle cubriendo un área de 70 km² (Siebe, 2000), sin embargo, como la mayoría de las áreas de vegetación natural en la Ciudad de México, a partir de los años 50's el Pedregal de San Ángel tuvo una pérdida de casi el 70% de su extensión como resultado del cambio de uso de suelo; actualmente se estima que solo el 6% de las 4,000 ha originales de lo que era el Pedregal de Xitle se encuentre protegidas (Ramos-Rendón, 2010).

Hoy en día se pueden encontrar una serie de comunidades vegetales como bosques de *Pinus*, *Abies*, *Alnus* y *Quercus* así como matorral de *Quercus* y predominantemente matorral xerófilo con la asociación de *Pittocaulon praecox*, dónde generalmente el espectro biológico se caracteriza por una marcada abundancia de plantas herbáceas y arbustivas contrastando con la escasez de formas arbóreas debido a la falta de suelo (Rzedowski, 1954).

El 3 de Octubre de 1983, la UNAM, bajo la rectoría del Dr. Octavio Rivero Serrano decidió establecer una zona ecológica inafectable de 124.5 Ha de el campus universitario argumentando que la zona es uno de los últimos ejemplos de ecosistemas naturales en la Ciudad de México; con el paso de los años la REPSA ha sido modificada constituyendo actualmente un área total de 237 Ha donde 171 Ha pertenecen a Zonas Núcleo y están sometidas a protección estricta (Mapa 1) y 66 Ha tienen un uso restringido para protección ambiental también llamadas Zonas de Amortiguamiento (REPSA, 2013).



Mapa 1. Fotografía satelital de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (Fuente: Google Earth).

5.2. Método de muestreo

Los trapeos fueron realizados en dos periodos al mes, uno de ellos en la fecha marcada en el calendario como luna llena así como dos días antes y dos después; del mismo modo con las fechas señaladas como luna nueva (NASA, 2008).

Se realizaron un total de 24 muestreos integrados por cinco días cada uno. Los primeros 12 fueron realizados en la ZN Poniente (zona perturbada) y los restantes en la ZN Oriente (zona conservada). La fase de colectas inició el martes 28 de enero del 2014 y concluyendo el jueves 5 de febrero del 2015. Cabe mencionar que los trapeos establecidos entre el 4 al 8 de noviembre no se efectuaron por cuestiones de disponibilidad de materiales, es por ello que se decidió establecer una fecha adicional del día 1 de febrero al 5 de febrero del 2015, cumpliendo así un esfuerzo de muestreo de 9000 noches/trampa.

Los puntos de muestreo en las dos zonas núcleo (Poniente y Oriente) se seleccionaron por recorridos preliminares para hacer un reconocimiento del área con el fin de determinar los mejores sitios para colocar las trampas con base en el tránsito de personas y la accesibilidad del área catalogando a la zona núcleo poniente como “perturbada” debido a la cercanía con el jardín botánico y denominando a la zona núcleo oriente como “conservada” al ser más difícil su acceso para personas ajenas a la REPSA.

Patrones de actividad de los mamíferos de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel

5.2.1. Muestreo de mamíferos pequeños

Para la captura de mamíferos pequeños se utilizaron 75 trampas tipo Sherman (23 x 9 x 8 cm) cebadas con vainilla y avena. Estas fueron distribuidas en cuadrantes de 10 x 10 metros (Rojas-Rojas y Barboza-Rodríguez, 2007) organizadas en siete filas de diez trampas y una de cinco cubriendo un área de 7500 m² aproximadamente en ambas zonas núcleo donde se establecieron tres parcelas las cuales fueron muestreadas por dos meses. Las trampas eran colocadas y cebadas la tarde del primer día de muestreo y revisadas a la mañana siguiente y cerradas hasta la tarde cuando se volvían a cebar.

Los organismos capturados se les tomaron medidas de longitud total, de la cola vertebral y longitud de la pata trasera derecha (González-Santoyo et al., 2013), además se realizó la observación de la distancia ano-genital, ya que en machos esta medida es casi el doble que en hembras. Aunque tanto machos como hembras poseen una papila genital, en los machos es más prominente. Usando ambos caracteres en conjunto se llevó a cabo la determinación del sexo de los organismos capturados (UACC, 2009).

También se determinó su etapa de crecimiento catalogándolos en juvenil, semiadulto o adulto con base en su tamaño corporal así como la coloración de su pelaje, ya que los organismos juveniles presentan colores distintos a lo presentado en adultos debido al cambio a largo de su crecimiento. Complementariamente se observó el tamaño de las glándulas mamarias en hembras y la posición de los testículos en machos (Inguinales para individuos inactivos o escrotados para activos) para hacer la distinción entre organismos semiadultos o adultos en etapa reproductiva (Canúl-Cruz et al., 2012).

El marcaje de los organismos se realizó por medio de muescas en las orejas (Fig. 1) para poder identificar a los animales en caso de una recaptura. El sistema consiste en asignar un valor a cierta posición específica de la oreja donde se realice la muesca. Para números mayores a 5 y 50 se realizaban dos cortes, por ejemplo, un corte en la zona 5 más otro en la zona 1 identificaba al organismo como el número 6; de la misma manera ocurre en la oreja izquierda, este método de muescas sencillas daba una capacidad de 99 organismos, por lo cual al llegar al organismo número 100 se hacía una doble muesca en la zona 10.

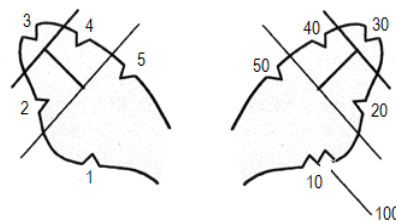


Figura 1. Representación gráfica del método de marcaje para roedores por muescas en las orejas.

Los organismos capturados fueron fotografiados e ingresados a un archivo fotográfico para su posterior identificación por comparación con organismos preparados de la Colección Nacional de Mamíferos del Instituto de Biología, además de utilizar claves especializadas (Hall y Kelson, 1959).

5.2.2. Muestreo de mamíferos medianos

Para el muestreo de mamíferos medianos en la REPSA se utilizó una fototrampa LT Acorn 5210 (Fotografía 1) colocada en sitios específicos donde se sabía del tránsito de mamíferos por la presencia de rastros en senderos comunes (Aranda, 2012), las fotografías tomadas fueron ingresadas a una base de datos anotando el sitio, la hora y fecha de registro, el nombre del archivo y la especie del animal.



Fotografía 1. Fototrampa LT Acorn 5210.

La técnica de fototrampeo en el estudio de los mamíferos medianos es útil y eficaz ya que al momento de realizar inventarios biológicos presentan algunas ventajas con lo que respecta a otros métodos de estudio como la captura directa o la telemetría (Santos-Moreno y Pérez-Irinea, 2013).

Al no tener que ser capturados, el estrés hacia el animal es mínimo lo que resulta útil en el caso de estudios de especies amenazadas o en peligro de extinción. Esta técnica puede cubrir una gran área con una cantidad mínima de esfuerzo lo que se refleja en ser un tipo de estudio menos costoso de lo que resultaría con técnicas como trampeo directo y telemetría. Algunos animales son difíciles de estudiar por otros métodos ya que sus patrones de actividad no favorecen su observación o suelen evitar por completo el contacto con humanos y con las trampas (Botello et al., 2007; Monroy-Vilchis et al., 2011; Lira-Torres y Briones Salas, 2012; Santos-Moreno y Pérez-Irinea, 2013).

Patrones de actividad de los mamíferos de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel

Otra ventaja que presenta el fototrampeo en el estudio de mamíferos medianos y grandes es la capacidad para identificar a cada individuo particularmente por la distribución de manchas y demás características ya que este patrón es único entre cada ejemplar (Silver, 2004; Ceballos et al., 2010).

Entre las desventajas del uso de esta técnica tenemos que las cámaras trampa consumen una gran cantidad de baterías y en ocasiones las pilas recargables no son una opción ya se ha observado que se descargan con mayor facilidad en las cámaras. Por otro lado dependiendo de la marca y modelo de la trampa la calidad de la fotografía varía, ya que con base en la cámara también cambia la velocidad de activación y su rango de detección (Chávez et al., 2013).

El uso de esta técnica también requiere de una fase de familiarización con el equipo, ya que al ser instalada se tiene que asegurar la colocación apropiada de la trampa tomando en cuenta aspectos como la programación del equipo y la selección del lugar donde se instalará lo cual requiere de una fase de familiarización con las cámaras. Otra desventaja de la técnica de fototrampeo es que en general las cámaras son amarradas a un árbol o arbusto, lo cual puede perjudicar el estudio si llegan a ser observadas por alguna persona debido a que pueden ser robadas o movidas comprometiendo la calidad de los datos del trabajo (Chávez et al., 2013).

Las fototampas o cámaras-trampa son utilizadas actualmente en toda clase de estudios donde, además de realizar un inventario se evalúan aspectos como el comportamiento de los animales, patrones de actividad, estimaciones de abundancia y densidad así como control y vigilancia de áreas protegidas (Díaz-Pulido y Payán-Garrido, 2012).

Los patrones de actividad de los mamíferos medianos con base en la variable del gradiente luminoso se obtuvieron mediante la comparación del número de ejemplares capturados en periodos de luna nueva contra los registros obtenidos en luna llena.

Por otro lado el grado de conservación-perturbación de las zonas estudiadas se determinó con base en la diversidad de roedores bioindicadores encontrados en cada zona así como su abundancia en el sitio ya que *Peromyscus gratus* al ser reportado como nativo de la zona indica una buena calidad del hábitat, a diferencia de *P. melanophrys* que indica una mediana perturbación así como un alto deterioro en el caso de encontrar *Rattus norvegicus* y *R. rattus* (Garmendia-Corona, 2009).

Para determinar los picos de actividad de los mamíferos monitoreados mediante el fototrampeo se dividieron las 24 horas del día en 12 lapsos de dos horas cada uno y se registró el número de incidencia de ejemplares en cada lapso. Dependiendo del momento en cual los animales fueron captados por la cámara se les clasificó en especies diurnas, nocturnas, diurnas-nocturnas, diurna-crepuscular y nocturnas-crepusculares (Aranda et al., 2012).

Los patrones de actividad de los mamíferos medianos fueron determinados mediante los registros de las cámaras trampa los cuales fueron anexados en una base de datos, el criterio usado para reconocer registros independientes en organismos que no tienen patrones de coloración para su identificación individual fue el de dejar pasar un lapso de 24 horas para que un ejemplar fuera reconocido como un individuo nuevo (Monroy-Vilchis et al., 2011).

5.3. Análisis estadísticos

Los análisis estadísticos se realizaron con ayuda del software R (R Core Team, 2016) en el cual se realizaron las pruebas de Shapiro-Wilk (Shapiro y Wilk, 1965) y Levene mediante el paquete “car” (Fox y Weisberg, 2011) cuyo fin fue determinar si los datos presentaban normalidad y homocedasticidad respectivamente.

Como prueba de hipótesis para definir si la fase lunar es una variable que afecte la actividad de los mamíferos se usó un Análisis de Varianza (ANOVA) en R, donde la hipótesis nula indicaría que no existen diferencias entre el número de capturas en cada fase lunar, caso contrario de la hipótesis alternativa en la cual habría una influencia de la luna sobre la actividad de los mamíferos nocturnos de la REPSA.

Cabe mencionar que para llevar a cabo un ANOVA son indispensables las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene. Ya que algunos datos no presentaban las características que estos métodos señalan se tuvo que proceder a cambiar la prueba de hipótesis por un método no paramétrico como la prueba de Krustal-Wallis que es un homólogo al ANOVA (Badii et al., 2012a).

El tamaño poblacional de los roedores en cada ZN se determinó mediante el índice de Schnabel (Schnabel, 1938) el cual es recomendado en los estudios de poblaciones cerradas cuando existen múltiples recapturas (Badii et al., 2012b).

$$N = \frac{\sum_{i=1}^m M_t C_t}{\sum_{i=1}^m R_t}$$

Dónde:

Ct: Número de organismos capturados en un tiempo t.

Mt: Número de organismos marcados en un tiempo t.

Rt: Número de organismos recapturados en un tiempo t.

Además se calculó el éxito de captura mediante la división del número total de animales capturados entre el esfuerzo de captura (noches/trampa):

$$\text{Éxito de Captura} = \frac{\text{Número de animales capturados}}{\text{Esfuerzo de captura}} \times 100$$

6. Resultados

6.1. Diversidad de mamíferos en la REPSA

Mediante el uso de trampas tipo Sherman para la captura de organismos pequeños así como el empleo de cámaras trampa para ejemplares medianos se contabilizaron un total de 11 especies de mamíferos en la REPSA en ambas zonas núcleo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Mamíferos registrados en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, ZNP corresponde a la Zona Núcleo Poniente (Zona Perturbada) y ZNO a Zona Núcleo Oriente (Conservada); marcados con un asterisco las especies exóticas invasoras (Douady et al., 2002; Mendes-de-Almeida et al. 2004; de Oliveira et al. 2008; Hortelano-Moncada et al, 2009; Ramírez-Pulido et al., 2014; Jackson y Groves, 2015).

	Nombre común	ZNP	ZNO
Clase Mammalia - Linnaeus, 1758			
Cohorte MARSUPIALIA - Illiger, 1811			
Magnorden AMERIDELPHIA - Szalay en: Archer, 1982			
Orden DIDELPHIMORPHIA - Gill, 1872			
Familia DIDELPHIDAE - Gray, 1821			
Subfamilia DIDELPHINAE - Gray, 1821			
1. <i>Didelphis virginiana californica</i> - Kerr, 1792	Tlacuache	X	X
Cohorte PLACENTALIA - Owen, 1837			
Orden EULIPOTYPHLA- Wadell et al., 1999			
Superfamilia SORICOIDEA - G. Fischer, 1814			
Familia SORICIDAE - G. Fischer, 1814			
Subfamilia SORICINAE - G. Fischer, 1814			

	Nombre común	ZNP	ZNO
Tribu SORICINI - G. Fischer, 1814			
2. <i>Sorex saussurei</i> - Merriam, 1892	Musaraña		X
Magnorden EPITHERIA - McKenna, 1975			
Orden LAGOMORPHA - Brandt, 1855			
Familia LEPORIDAE - G. Fischer, 1817			
3. <i>Sylvilagus floridanus orizabae</i> - Merriam, 1893	Conejo castellano	X	X
Orden RODENTIA - Bowdich, 1821			
Suborden SCIUROMORPHA - Brandt, 1855			
Infraorden SCIURIDA - Carus, 1868			
Familia SCIURIDAE - G. Fischer, 1817			
Tribu MARMOTINI - Pocock, 1923			
4. <i>Otospermophilus variegatus variegatus</i> - Erxleben, 1777	Ardillón	X	X
Suborden MYOMORPHA - Brandt, 1855			
Infraorden MYODONTA - Schaub en: Grassé y Dekeyser, 1955			
Superfamilia MUROIDEA - Illiger, 1811			
Familia CRICETIDAE - G. Fischer, 1817			
Subfamilia NEOTOMINAE - Merriam, 1894			
Tribu NEOTOMINI - Vorontsov, 1959			
5. <i>Neotoma mexicana torquata</i> - Ward, 1891	Rata de monte	X	
Tribu REITHRODONTOMYINI - Vorontsov, 1959			
6. <i>Peromyscus gratus gratus</i> - Merriam, 1898	Ratón piñonero	X	X
7. <i>Peromyscus melanophrys melanophrys</i> - (Coues, 1874)	Ratón del Altiplano	X	X
8. <i>Reithrodontomys fulvescens toltecus</i> Merriam, 1901	Ratón silvestre	X	X
Orden CARNIVORA - Bowdich, 1821			
Suborden FELIFORMIA - Kretzoi, 1945			
Familia FELIDAE - G. Fischer, 1817			
Subfamilia FELINAE - G. Fischer, 1817			
9. <i>Felis silvestris catus</i>* - Linnaeus, 1758	Gato doméstico	X	X
Suborden CANIFORMIA - Kretzoi, 1938			
Infraorden CYNIDEA - Flower, 1869			
Familia CANIDAE - G. Fischer, 1817			
Subfamilia CANINAE - G. Fischer, 1817			
Tribu CANINI - G. Fischer, 1817			
10. <i>Canis lupus</i>* - Linnaeus, 1758	Perro doméstico		X
Parvorden MUSTELIDA - Tedford, 1976			
Familia PROCYONIDAE - Gray, 1825			
Subfamilia BASSARISCINAE - Gray, 1869			
11. <i>Bassariscus astutus astutus</i> - Lichtenstein, 1830	Cacomixtle	X	X

6.2. Monitoreo de mamíferos pequeños

Se muestreó un total de 9000 noches-trampa y se capturaron 1086 individuos incluyendo recapturas, con un éxito de captura del 12.05%. En la ZN Poniente se registraron 516 mamíferos así como 570 en la Zona Núcleo Oriente.

Los ejemplares capturados pertenecen a dos órdenes, Rodentia y Soricomorpha. Dentro del grupo de los roedores se obtuvieron los registros de cuatro especies: *Peromyscus gratus*, *Peromyscus melanophrys*, *Reithrodontomys fulvescens* y *Neotoma mexicana*, donde la mayoría de ejemplares pertenecen a la primera especie mencionada; así mismo el orden Soricomorpha fue representado por un único ejemplar de la especie *Sorex saussurei* (Gráfico 1).

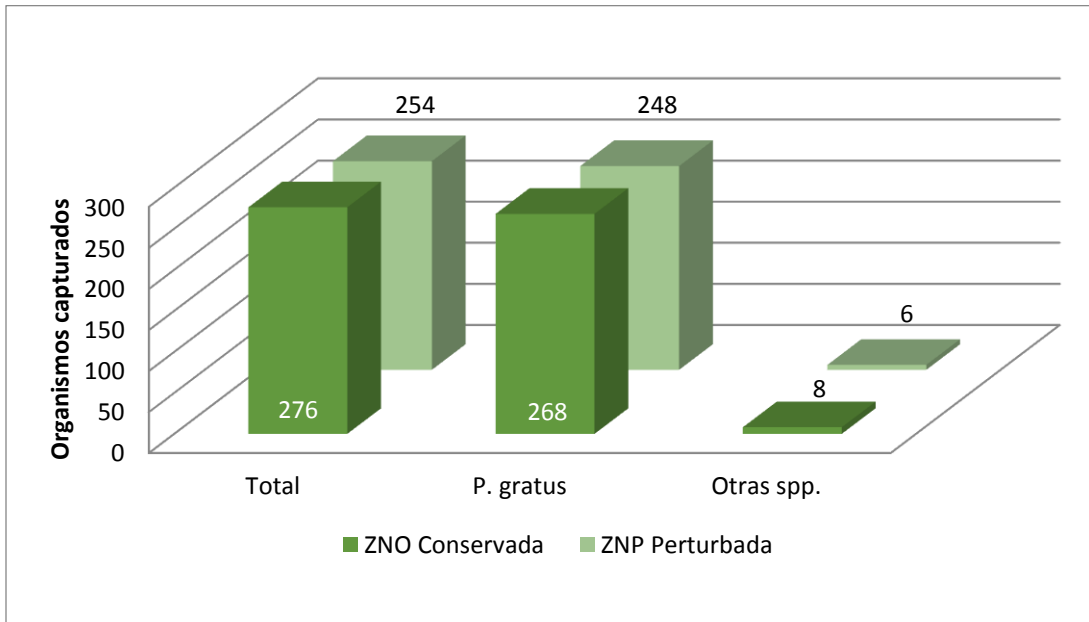


Gráfico 1. Comparación entre el total de organismos independientes capturados en la Zona Núcleo Oriente y la Zona Núcleo Poniente (conservada y perturbada respectivamente) donde se observa la proporción del número de ejemplares de *Peromyscus gratus* capturados en contraste con las demás especies registradas.

6.2.1. Zona Núcleo Poniente (Perturbada).

Se contabilizaron un total de 254 individuos en el sitio de muestreo localizado en la zona núcleo poniente. En fase de luna nueva se registró un total de 162 ejemplares (Cuadro 2), mientras que los 92 restantes se capturaron durante las fechas de luna llena (Cuadro 3) (Gráfico 2). Además se obtuvieron 262 recapturas de las cuales 158 fueron anotadas en luna nueva y 104 en luna llena, dando como resultado el total de 516 mamíferos pequeños capturados en la ZNP.

Cuadro 2. Número de organismos capturados a lo largo del ciclo de muestreo en la Zona Núcleo Poniente durante las fechas de luna nueva donde se desglosa el número de organismos recapturados (Rt) así como los nuevos registros (Nt).

Luna Nueva	Rt	Nt
1 (28-enero al 1-febrero)	7	19
2 (27-febrero al 3-marzo)	31	28
3 (28-marzo al 1-abril)	27	31
4 (27-abril al 1-mayo)	34	28
5 (26-mayo al 30-mayo)	17	29
6 (25-junio al 29-junio)	42	27
Total	158	162

Cuadro 3. Número de organismos capturados a lo largo del ciclo de muestreo en la Zona Núcleo Poniente durante las fechas de luna llena donde se desglosa en orden el número de organismos recapturados (Rt) así como los nuevos registros (Nt).

Luna Llena	Rt	Nt
1 (12-febrero al 16-febrero)	13	16
2 (14-marzo al 18-marzo)	18	17
3 (13-abril al 17-abril)	18	16
4 (12-mayo al 16-mayo)	17	11
5 (11-junio al 15-junio)	16	16
6 (10-julio al 14-julio)	22	16
Total	104	92

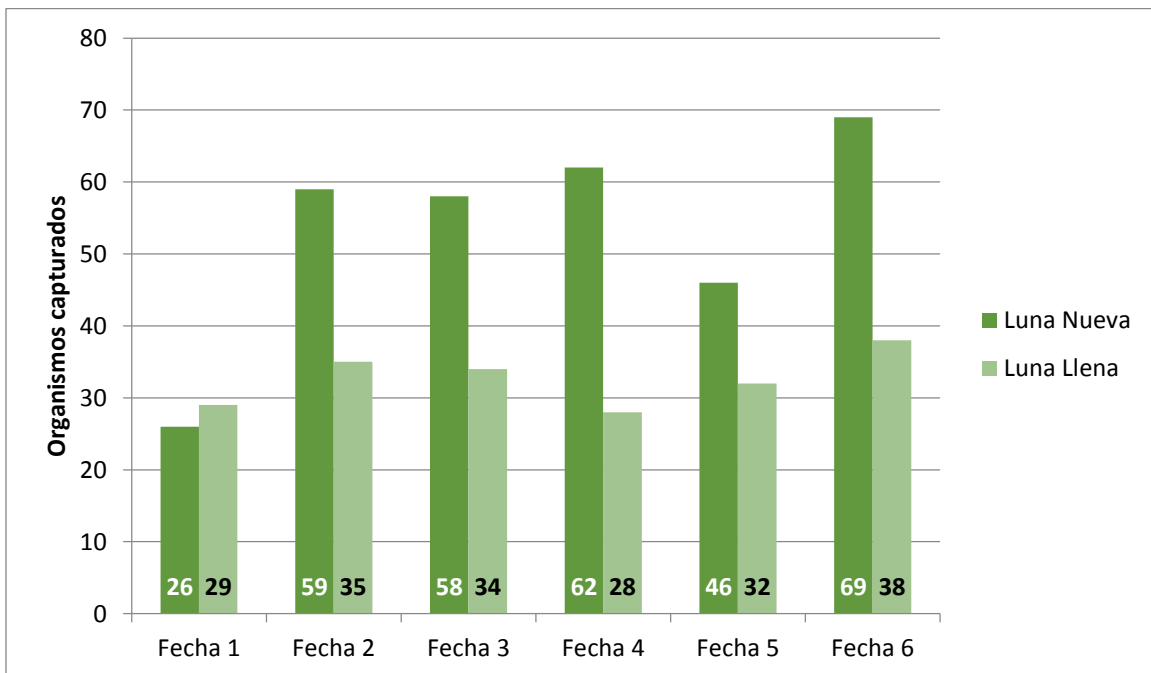


Gráfico 2. Número total de organismos colectados contando capturas y recapturas a lo largo del muestreo en la Zona Núcleo Poniente tanto en luna nueva (320 organismos en total) y luna llena (196 organismos).

Patrones de actividad de los mamíferos de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel

Los organismos registrados pertenecieron a cuatro especies del orden Rodentia. *Peromyscus gratus*, la cual fue la especie más abundante con 248 individuos, seguida de *Reithrodontomys fulvescens* con tres ejemplares mientras que *Peromyscus melanophrys* y *Neotoma mexicana* fueron las menos abundantes con dos y un organismos respectivamente.

Mediante el software R (R Core Team, 2016) se realizó una prueba de Shapiro-Wilk para determinar si se acepta la hipótesis nula comprobando de esta manera la normalidad de los datos (Cuadro 4):

Cuadro 4. Resultado de la prueba de Shapiro-Wilk para el análisis de las capturas de mamíferos pequeños en la ZN Poniente.

Shapiro-Wilk normality test	
data: ZNP_Total	
W = 0.9297	p.value = 0.09588

Donde se observa que el valor de p es mayor que 0.05 por lo tanto no se rechaza la H_0 concluyendo que los datos poseen una distribución normal.

Complementariamente se llevó a cabo una prueba de Levene para determinar si se rechaza la hipótesis nula de igualdad de varianzas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Resultado de la prueba de Levene para el análisis de las capturas de mamíferos pequeños en la ZN Poniente.

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)			
	Df	F value	Pr(>F)
group	1	4.1145	0.05479
	22		

Dado que el valor de p es mayor a 0.05 se rechaza la H_0 y se concluye que hay diferencia entre las varianzas y por lo tanto los datos pueden ser analizados mediante un ANOVA de un factor (Cuadro 6).

Cuadro 6. Resultado de la prueba de ANOVA para el análisis de las capturas de mamíferos pequeños en la ZN Poniente.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
fase	1	630.4	630.4	14.76	0.000886 ***
Residuals	22	939.6	42.7		

Se obtuvo un valor crítico de 0.000886 y un valor de F de 14.76 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula lo que indica que sí hay diferencias significativas entre el número de ejemplares capturados en cada fase lunar en la Zona Núcleo Poniente.

Para calcular el tamaño poblacional de roedores en cada zona núcleo estudiada se usó el índice de Schnabel; dado que la gran mayoría de los registros obtenidos correspondió a *Peromyscus gratus*, únicamente se hizo el cálculo de la densidad de esta especie ya que no hubo datos suficientes para realizar la estimación para las otras especies.

En la Zona Núcleo Poniente se obtuvieron un total de 248 ejemplares y 261 recapturas de *P. gratus* dando como resultado un total de 509 capturas lo que indica mediante el uso del índice de Schnabel que el tamaño poblacional de *P. gratus* en las parcelas estudiadas en la ZNP es de 252 individuos.

6.2.2. Zona Núcleo Oriente (Conservada).

Se contabilizaron un total de 276 individuos en el sitio de muestreo localizado en la Zona Núcleo Oriente. En fase de luna nueva se registró un total de 169 ejemplares (Cuadro 7), mientras que los 107 restantes se capturaron durante las fechas de luna llena (Cuadro 8) (Gráfico 3). Además se obtuvieron 294 recapturas de las cuales 176 fueron anotadas en luna nueva y 118 en luna llena, dando como resultado el total de 570 mamíferos pequeños capturados en la ZNP.

Cuadro 7. Número de organismos capturados a lo largo del ciclo de muestreo en la Zona Núcleo Oriente durante las fechas de luna nueva donde se desglosa el número de organismos recapturados (Rt) así como los nuevos registros (Nt).

Luna Nueva	Rt	Nt
1 (24-julio al 28-julio)	20	34
2 (23-agosto al 27-agosto)	34	34
3 (22-septiembre al 26-septiembre)	24	31
4 (21-octubre al 25-octubre)	35	23
5 (20-noviembre al 24-noviembre)	42	21
6 (19-diciembre al 23-diciembre)	21	26
Total	176	169

Cuadro 8. Número organismos capturados a lo largo del ciclo de muestreo en la Zona Núcleo Oriente durante las fechas de luna llena donde se desglosa en orden el número de organismos recapturados (Rt) así como los nuevos registros (Nt).

Luna Llena	Rt	Nt
1 (8-agosto al 12-agosto)	25	25
2 (7-septiembre al 11-septiembre)	21	20
3 (6-octubre al 10-octubre)	20	12
4 (4-diciembre al 8-diciembre)	13	16
5 (3-enero – 7-enero)	21	26
6 (1-febrero al 5-febrero)	18	8
Total	118	107

Patrones de actividad de los mamíferos de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel

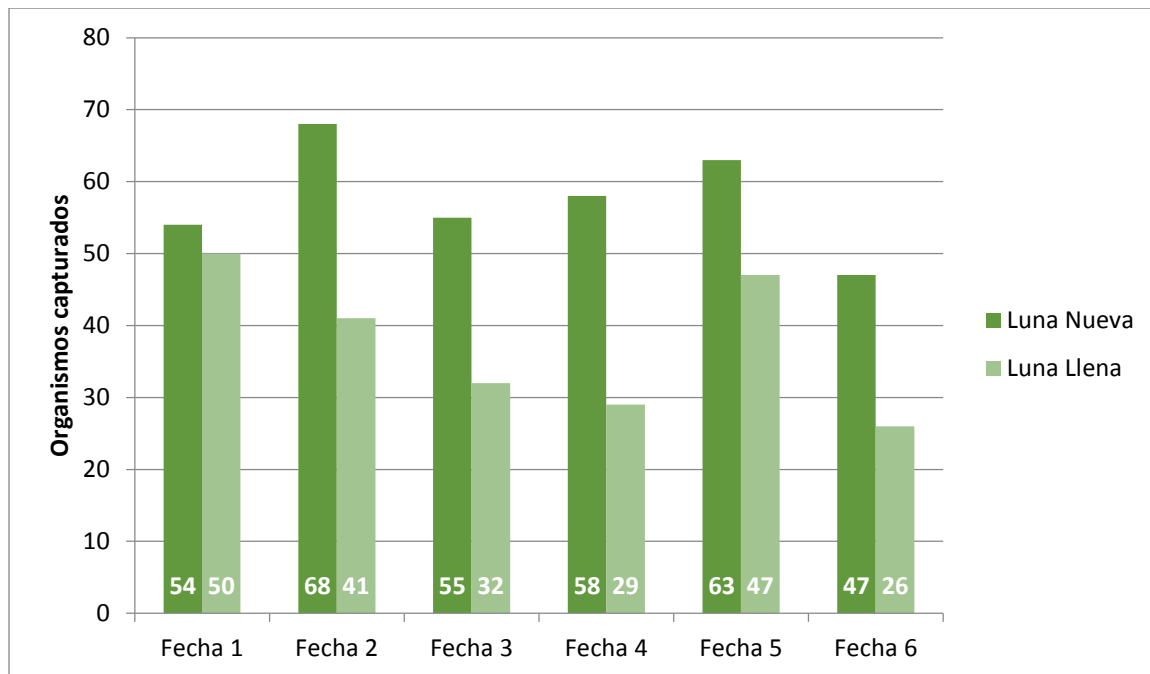


Gráfico 3. Número total de organismos colectados contando capturas y recapturas a lo largo del muestreo en la Zona Núcleo Oriente tanto en luna nueva (345 organismos en total) y luna llena (225 organismos).

Los organismos registrados pertenecieron a los órdenes Soricomorpha y Rodentia. Del orden Soricomorpha se tuvo un único registro de un ejemplar de la especie *Sorex saussurei*. Por otro lado se capturaron tres especies pertenecientes al orden Rodentia, y al igual que lo observado en la Zona Núcleo Poniente, la más abundante fue *Peromyscus gratus* con 268 individuos seguida de *P. melanophrys* y *Reithrodontomys fulvescens* con cuatro y tres ejemplares respectivamente.

Mediante el software R (R Core Team, 2016) se realizó una prueba de Shapiro-Wilk para determinar si se acepta la hipótesis nula comprobando de esta manera la normalidad de los datos (Cuadro 9):

Cuadro 9. Resultado de la prueba de Shapiro-Wilk para el análisis de las capturas de mamíferos pequeños en la Zona Núcleo Oriente.

Shapiro-Wilk normality test

data: ZNO_Total

W = 0.9655

p.value = 0.5591

Donde se observa que el valor de p es mayor de 0.05 por lo tanto no se rechaza la H_0 concluyendo que los datos poseen una distribución normal.

Complementariamente se llevó a cabo una prueba de Levene para determinar si se rechaza la hipótesis nula de igualdad de varianzas (Cuadro 10).

Cuadro 10. Resultado de la prueba de Levene para el análisis de las capturas de mamíferos pequeños en la ZN Poniente.

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)			
	Df	F value	Pr(>F)
group	1	2.1773	0.1542
	22		

Dado que el valor de p es mayor a 0.05 se rechaza la Ho y se concluye que hay diferencia entre las varianzas y por lo tanto los datos pueden ser analizados mediante un ANOVA de un factor (Cuadro 11):

Cuadro 11. Resultado de la prueba de ANOVA para el análisis de las capturas de mamíferos pequeños en la ZN Oriente.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
fase	1	600.0	600.0	14.53	0.000954 ***
Residuals	22	908.5	41.3		

Se obtuvo un valor crítico de 0.000954 y un valor de F de 14.53 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula lo que indica que sí hay diferencias significativas entre el número de ejemplares capturados en cada fase lunar en la Zona Núcleo Oriente.

En lo que respecta al tamaño poblacional de *Peromyscus gratus* se registraron 268 ejemplares y 289 recapturas dando un total de 557 capturas, lo que indica mediante el uso del índice de Schnabel que el tamaño poblacional de *P. gratus* en la ZNO es de 266 individuos.

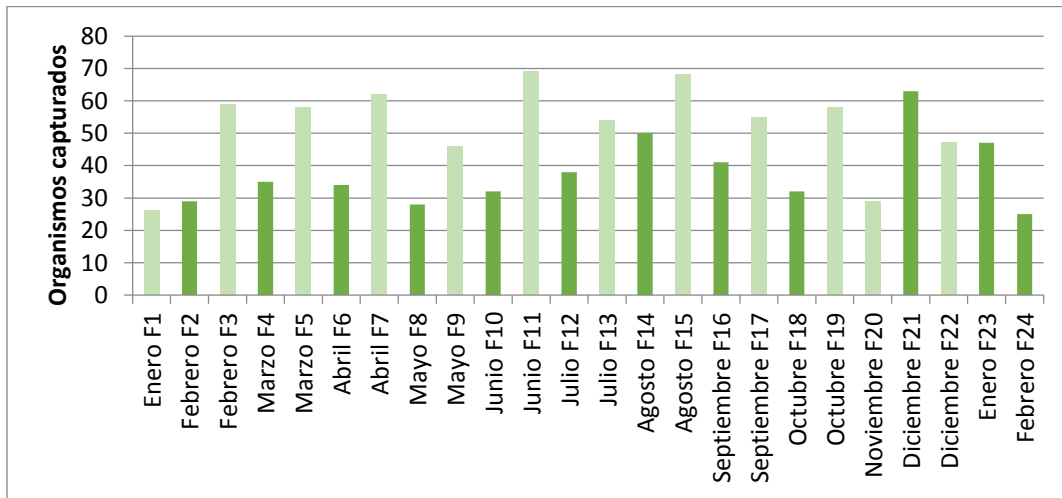


Gráfico 4. Número total de organismos capturados a lo largo del año por cada fecha donde se observa la fluctuación entre el número de ejemplares capturados en luna nueva y luna llena.

6.3. Monitoreo de mamíferos medianos.

Con un esfuerzo de muestreo de 2,880 horas/cámara se contabilizó un total de 74 registros. En luna llena se registraron 29 ejemplares mientras que los otros 45 fueron obtenidos en luna nueva.

Se identificaron seis especies y se optó por englobar a los ejemplares pequeños en el grupo Rodentia (cinco ejemplares) debido a la dificultad para identificarlos a un nivel más específico. *Bassariscus astutus* fue la especie con más registros con 34, *Canis lupus familiaris* tuvo 11 al igual que *Didelphis virginiana* mientras que *Felis silvestris catus* contó con cuatro, *Otospermophilus variegatus* fue contabilizado seis veces y finalmente *Sylvilagus floridanus* se observó en tres ocasiones (Gráfico 5).

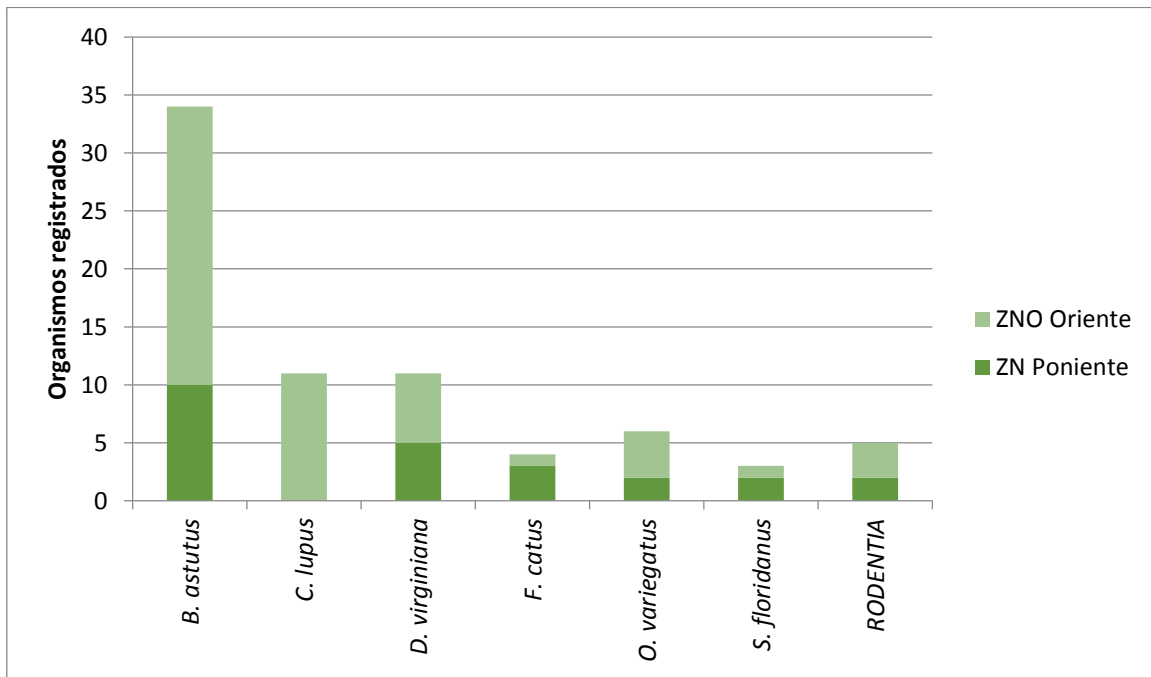


Gráfico 5. Número total de organismos capturados en la Zona Núcleo Poniente y la Zona Núcleo Oriente (conservada y perturbada respectivamente).

6.3.1. Zona Núcleo Poniente (Perturbada)

Se obtuvieron 25 registros a lo largo del semestre de muestreo, 17 de ellos en luna llena y siete en luna nueva. Se capturaron dos roedores, 10 ejemplares de *B. astutus*, cinco de *D. virginiana*, tres de *F. silvestris catus*, dos de *O. variegatus*, y dos de *S. floridanus* (Gráfico 6).

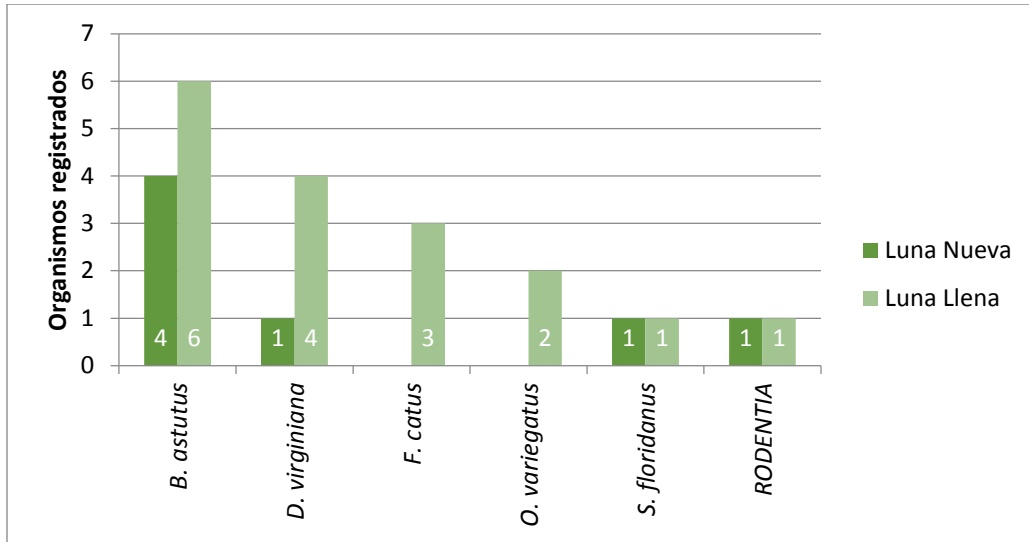


Gráfico 6. Número de ejemplares capturados por especies en la ZNP (Perturbada) tanto en periodo de luna nueva como luna llena.

A causa de los escasos registros en la ZNP no fue posible realizar una prueba estadística para determinar si existen diferencias entre el número de ejemplares registrados en cada fase lunar.

6.3.2. Zona Núcleo Oriente (Conservada)

Se obtuvieron un total de 50 registros a lo largo del semestre de muestreo, 12 de ellos en luna llena y 38 en luna nueva. Se capturaron tres roedores, 24 ejemplares de *B. astutus*, 11 de *C. lupus familiaris*, seis de *D. virginiana*, uno de *F. silvestris catus*, cuatro de *O. variegatus* y un ejemplar de *S. floridanus* (Gráfico 7).

Finalmente se hizo una comparación entre las proporciones de fauna nativa y fauna exótica en base a los registros obtenidos mediante fototrampeo desglosado por especie en cada fase lunar (Gráfico 8).

Patrones de actividad de los mamíferos de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel

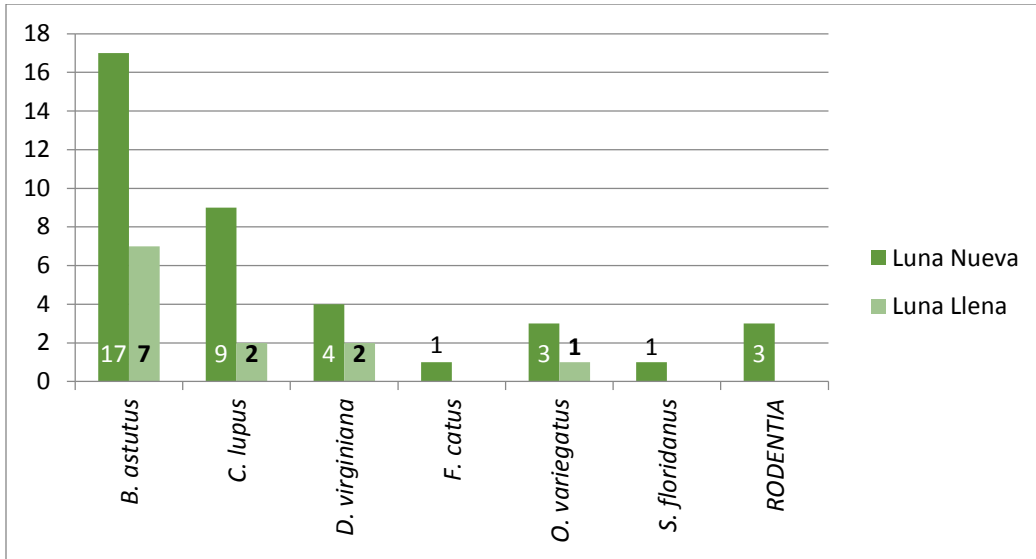


Gráfico 7. Número de ejemplares registrados en la ZNO (Conservada) tanto en periodo de luna nueva como luna llena.

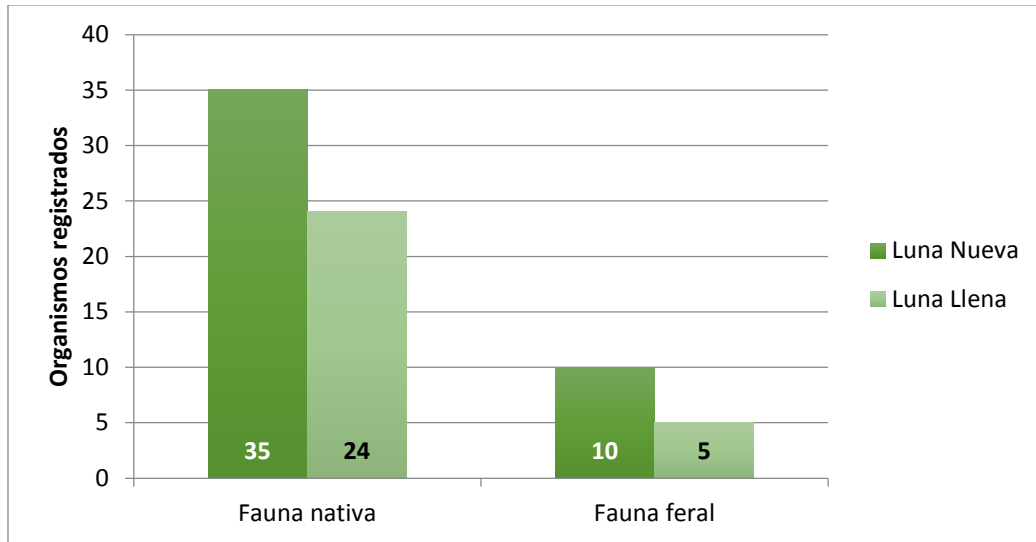


Gráfico 8. Número de registros de Fauna nativa y Fauna feral y su incidencia en luna nueva y luna llena en ambas zonas núcleo.

6.3.3. Análisis estadístico.

Para llevar a cabo el análisis de los datos se utilizó el software R (R Core Team, 2016) donde se agruparon los datos dentro de las categorías “Fauna nativa y Fauna feral” haciendo la suma de los registros para cada grupo en cada fase lunar sin importar la ZN estudiada. De este modo se procedió a aplicar una prueba de Shapiro-Wilk con el fin de determinar la normalidad de los datos ingresados (Cuadro 12):

Cuadro 12. Resultado de la prueba de Shapiro-Wilk para el análisis de los registros de mamíferos medianos detectados mediante fototrampeo en ambas Zonas Núcleo.

Shapiro-Wilk normality test	
data: Fases	
W = 0.94533	p.value = 0.6871

El valor de p obtenido fue de 0.1828 el cual al ser mayor que 0.05 indicó la normalidad de los datos.

Complementariamente se llevó a cabo una prueba de Levene para determinar si se rechaza la hipótesis nula de igualdad de varianzas (Cuadro 13).

Cuadro 13. Resultado de la prueba de Levene para el análisis de las capturas de mamíferos medianos.

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)			
	Df	F value	Pr(>F)
group	1	3.3537e+31	2.2e-16
	2		

Dado que el valor de p no es mayor a 0.05 se acepta la Ho de igualdad de varianzas por lo tanto los datos no pueden ser analizados mediante un ANOVA, por lo cual se procede a aplicar una prueba de Kruskal-Wallis (Cuadro 14):

Cuadro 14. Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis para el análisis de las capturas de mamíferos medianos.

Kruskal-Wallis rank sum test			
Data: Med T by FMed			
Kruskal-Wallis	chi-squared = 0.6,	df = 1,	p-value = 0.4386

El resultado de la prueba arrojó un valor de p de 0.4386 lo cual indica que la variable de las fases lunares sí es un factor que influye en el número de registros de mamíferos en la REPSA detectados mediante fototrampeo.

6.4. Picos de actividad de mamíferos medianos

El análisis de los picos de actividad de los mamíferos medianos en la ZN Poniente mostró que la hora del día con mayor incidencia de organismos capturados fue el periodo que comprende entre las 22:00 y las 23:59 horas con siete organismos, seguido con cuatro registros cada uno de los lapsos entre las 18:00 y las 19:59 horas así como de las 20:00 a las 21:59 horas. Únicamente con dos registros se encuentran los intervalos que van de las 04:00 a las 05:59 horas y de las 06:00 a las 07:59 horas. Finalmente los periodos de las 12:00-13:59, 16:00-17:59, 00:00-01:59, 02:00-03:59 y 08:00-09:59 horas contaron solo con

Patrones de actividad de los mamíferos de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel

un ejemplar mientras que de las 14:00-15:59 y 10:00-11:59 horas no se logró fotografiar ni un ejemplar.

Por otro lado, en la ZN Oriente fue el periodo que va de las 20:00 a las 21:59 horas el que presentó un mayor número de ejemplares fotografiados con 13 individuos seguido de el lapso de las 22:00-23:59 horas con 11 y el intervalo entre las 18:00-19:59 horas con nueve capturas. Con seis registros se encuentra el periodo de las 16:00-17:59 horas; además los periodos de las 02:00-03:59, 04:00-05:59 y 06:00-07:59 tuvieron tres registros cada uno. Por último de las 10:00 a las 11:59 horas se obtuvieron dos fotografías al igual que de las 12:00 a las 13:59 horas, los periodos que van de las 14:00-15:59, 00:00-01:59 y de las 08:00-09:59 horas tuvieron únicamente una fotografía.

Cabe mencionar que en la ZN Oriente en el caso del conteo de ejemplares para determinar sus patrones de actividad a lo largo del día no se aplicó el criterio de exclusión de individuos de la misma especie ya que se obtuvieron registros de organismos con hábitos nocturnos al medio día como es el caso de algunos ejemplares de *B. astutus* fotografiados a media tarde o en la mañana.

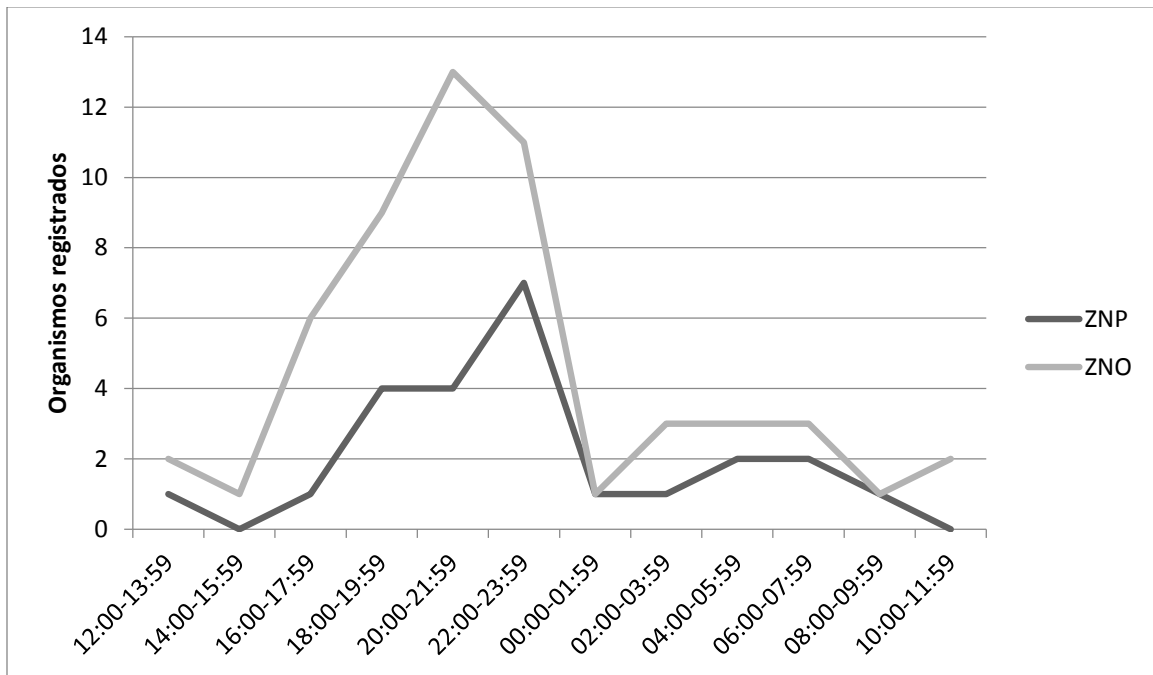


Gráfico 9. Patrones de actividad de los mamíferos registrados mediante fototrampeo. Se grafica el número de ejemplares registrados en cada lapso indicando los picos de actividad en cada Zona Núcleo.

7. Discusión

A pesar del grado de perturbación de lo que resta del Pedregal de Xitle aún es posible encontrar especies nativas dentro de la reserva ya que fueron halladas nueve de las 21 especies de mamíferos terrestres registrados en dos de las tres Zonas Núcleo (Hortelano-

Moncada et al., 2009) haciendo uso únicamente del muestreo por medio de trampas tipo Sherman y fototrampeo. Es por ello que el empleo de más materiales resultaría en un monitoreo más completo.

Es importante señalar que en algunos casos específicos el material y las técnicas utilizadas no fueron los ideales para el muestreo de ciertas especies. Tal es el caso de mamíferos pequeños como la musaraña (*Sorex saussurei*) que escasamente alcanzan los 7 g de peso en promedio (CONABIO, 2016a) lo que en ocasiones no es suficiente para activar el mecanismo de las trampas tipo Sherman utilizadas. Esto explicaría la escasez de registros de esta especie por lo cual el empleo de trampas de caída (*Pitfall*) o trampas tipo Longworth hubieran sido más eficientes a la hora de muestrear esta especie (Stromgren, 2008); como podría ser también el caso del ratón pigmeo que en promedio tiene un peso similar al de la musaraña (CONABIO, 2016b).

Mediante el fototrampeo así como la observación de rastros fue posible obtener registros de *B. astutus*, *D. virginiana*, *S. variegatus*, *S. floridanus* y *Peromyscus. sp.* en lo que respecta a la fauna nativa así como *C. lupus familiaris* y *F. silvestris catus* por parte de la fauna feral. La especie que más se registró fue *B. astutus* lo cual difiere por lo reportado por Ramos-Rendón (2010) donde a diferencia de este trabajo la especie más abundante fue *D. virginiana*. Además obtuvo un registro de *Spilogale gracilis*; estas diferencias pueden deberse a que en el presente trabajo solo se hizo uso de cámaras trampas, mientras que en el mencionado se usaron trampas tipo Tomahawk además de fototrampeo.

La especie exótica que más se observó fue *C. lupus familiaris* con 13 registros y solo fue detectada en la ZNO. Incluso fue posible hacer observaciones directas de los perros cuando se realizaban los recorridos en la zona y también fueron registrados en las fototrampas en jaurías. Por otro lado *F. silvestris catus* fue detectado en ambas ZN y contó con cuatro registros en las cámaras trampa; también se logró hacer un par de observaciones directas de gatos, una por cada ZN.

El número de trampas es un factor muy importante que influyó en los resultados obtenidos. Cuando se busca monitorear una especie en específico es indispensable que el número de trampas sea suficiente para cubrir el área de influencia del animal en cuestión de las cuales podrían ser necesarias desde una docena de fototrampas hasta cientos de ellas (Chávez et al. 2013). Con base a esto es posible que explicar el bajo número de registros de algunas especies ya que podrían encontrarse en bajas densidades o presentar un comportamiento evasivo de rutas o senderos comunes (Monroy-Vilchis, 2011).

Los patrones de actividad de los mamíferos pequeños y medianos fueron evaluados de acuerdo con el número de ejemplares capturados por noche en cada fase lunar. Del número de capturas obtenidas tanto en la ZNP como en la ZNO se concluye en base a la

Patrones de actividad de los mamíferos de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel

prueba estadística aplicada así como al número de ejemplares registrados en las fototampas que sí existe una mayor proporción de animales capturados en luna nueva. Esto sugiere que la intensidad luminosa sí es un factor que influye en los ritmos de actividad de los mamíferos pequeños y medianos en la REPSA al aumentar el riesgo de depredación por el avistamiento de algún depredador como *Bassariscus astutus*, *C. lupus familiaris*, *F. silvestris catus* e incluso *Urocyon cinereoargenteus* aunque esta última no cuenta con registros recientes por lo cual se supone que esta extinta en la REPSA (Lima y Dill, 1990; Daly et al., 1992; Griffin et al., 2005; Hortelano-Moncada et al., 2009; Ramos-Rendón, 2010).

En este estudio la Zona Núcleo Poniente fue considerada como “perturbada” debido a que se encuentra junto a una zona residencial además de compartir territorio con el Jardín Botánico de la UNAM lo que ocasiona que haya tránsito de personas ajenas a la REPSA; a pesar de esto la mayoría de los registros de mamíferos pequeños encontrados fue *Peromyscus gratus*, el cual es considerado como indicador de buena calidad ambiental en la REPSA constituyendo el 97% de ejemplares para esta zona, por otro lado *Peromyscus melanophrys* presentó únicamente dos registros, esta especie se asocia con un grado de perturbación moderado debido a que probablemente no es nativo de la REPSA (Garmendia-Corona, 2009).

La ausencia de especies de roedores exóticos como *Mus musculus*, *Rattus norvegicus* y *Rattus rattus* nos indica que si bien esta zona de la reserva ha sido impactada por el acceso de gente así como la acumulación de basura en las proximidades de la zona residencial, el área estudiada en la ZNP se encuentra en una buena condición cumpliendo así su papel de conservación de flora y fauna. Ya que la presencia de roedores bioindicadores como *P. gratus* también nos indica el grado de conservación de la flora ya que este grupo en especial tiende a ser sensible a cambios en su hábitat hablando particularmente de la cobertura vegetal a la cual está asociada (Rojas-Rojas y Barboza-Rodríguez, 2007; Ortega-García, 2012).

En la Zona Núcleo Oriente denominada como “conservada” debido a que el acceso de personas ajenas es más difícil, se obtuvieron resultados consistentes con lo observado en la ZNP ya que la especie más abundante fue *P. gratus* con el 97% de los registros, seguido de otra especie de roedor nativo, *Reithrodontomys fulvescens* con cuatro ejemplares al igual que *P. melanophrys* y una vez más con la ausencia de especies exóticas.

En el caso de los mamíferos medianos la prueba estadística sugirió que sí existen diferencias significativas entre el número de registros en cada fase, lo cual apunta a que esta variable no influye en la actividad de los mamíferos medianos en la REPSA.

Sin embargo, al tratarse de un método indirecto, el fototrampeo hace difícil reconocer a los ejemplares a nivel de individuo por lo cual involucra un proceso de exclusión de organismos donde debe pasar un periodo de tiempo entre registros en animales sin marcas particulares para su identificación individual (Monroy-Vilchis et al., 2011), de este modo algunos de los organismos registrados fueron eliminados en este proceso reduciendo el número de datos para trabajar lo que podría sesgar los datos de alguna manera.

Mediante el fototrampeo fue posible establecer que en general los mamíferos en la REPSA presentan un incremento en su actividad a partir de las 16:00 horas llegando a la máxima actividad entre las 20:00 y las 23:59 horas y disminuyendo drásticamente a partir de las 00:00 horas.

Lo anterior indica a que la mayoría de los mamíferos presentes en la REPSA son de hábitos nocturno-crepusculares (Ramos-Rendón, 2010) ya que sus periodos de actividad oscilan entre las 20:00 y las 05:00 hrs. y dado a que muchas de las especies en la REPSA con este tipo de hábito son de talla mediana sugiere que se trata de una estrategia antidepredación más que un tema de ahorro energético. Esto no incluye a la fauna feral ya que los perros se encuentran activos gran parte del día con algunos periodos de reposo.

8. Conclusiones

Aunque la REPSA se encuentra bajo una gran presión debida a las actividades humanas realizadas dentro de este ecosistema o en sus inmediaciones se logró reportar una buena cantidad de mamíferos nativos en ambas ZN, lo cual indica que a pesar de encontrarse relativamente aisladas ambas zonas poseen una diversidad similar incluso en el aspecto de las especies ferales ya que en ambas fue posible detectar perros y gatos los cuales son otro factor de riesgo de deterioro ambiental.

Por lo anterior es importante continuar con los esfuerzos para el control y la erradicación de fauna feral en la reserva así como aumentar la vigilancia en diversos puntos de las zonas núcleo ya que el efecto de las especies exóticas invasoras y el acceso de personas no autorizadas son factores importantes del desgaste ambiental y pone en riesgo al personal encargado de llevar a cabo trabajos de investigación en la REPSA así como al material utilizado para ello.

Aunque no fue posible registrar especies importantes como *Urocyon cinereoargenteus* o *Spilogale gracilis* no se puede afirmar que estas especies estén necesariamente extintas en la REPSA ya que es muy posible que por lo menos *S. gracilis* se encuentre en poblaciones muy reducidas fuera de las zonas núcleo de la reserva.

El gradiente luminoso provocado por el reflejo de la luz solar en la luna sí es un factor que influye en el comportamiento de los mamíferos, ya que al encontrarse en mayor riesgo de

Patrones de actividad de los mamíferos de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel

ser localizados por un depredador estos tienden por reducir su actividad hasta que las condiciones sean más favorables, este también es el caso de los mamíferos pequeños de la REPSA ya que el estudio de sus poblaciones indica que si hay una diferencia significativa en el número de organismos capturados en cada fase, por otro lado, se determinó que la mayoría de los mamíferos encontrados en este estudio dentro de la REPSA son de hábitos nocturno-crepusculares de acuerdo a sus picos de actividad.

La técnica de fototrampeo resulto muy útil a la hora de determinar la diversidad y distribución de mamíferos en la REPSA, sin embargo, debido al bajo número de trampas utilizadas no fue posible llevar a cabo un análisis más preciso de la ecología de los mamíferos medianos en la REPSA.

A pesar de encontrarse dentro de la Ciudad de México, la REPSA aún conserva varias de las especies nativas del pedregal; la ZN Poniente, aunque se encuentra junto a una unidad habitacional en algunas porciones y de estar fuertemente influenciado por el tránsito de personas y vehículos del Jardín Botánico no arrojó ningún registro de roedores exóticos. La ZN Oriente también presenta alguna influencia de tránsito de personas las cuales tienen acceso por el espacio escultórico, no obstante a ello y a la cercanía con edificios de Ciudad Universitaria tampoco presentó registros de roedores exóticos aunque sí hubo varios registro de fauna feral así como rastros de los mismos.

9. Literatura Citada

Adams, C., Lindsey, K. y Ash, S. (2010). *Urban Wildlife Management*. Taylor y Francis, Boca Raton.

Aranda, S. J. M. (2012). *Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F. México.

Aranda, M., Botello F. y López-de Buen L. (2012). Diversidad y datos reproductivos de mamíferos medianos y grandes en el bosque mesófilo de montaña de la Reserva de la Biosfera Sierra del Manantlán, Jalisco-Colima, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(3), 778-784.

Badii, M. H., Guillen, A., Araiza, L. A., Cerna, E., Valenzuela, J. y Landeros, J. (2012a). Métodos No-Paramétricos de Uso Común. *International Journal of Good Conscience*, 7(1), 132-155.

Badii, M. H., Guillen, A., Landeros, J., C, E., Ochoa Y. y Valenzuela, J. (2012b). Muestreo por métodos de captura-recaptura. *International Journal of Good Conscience*, 7, 97-131.

Bernal-Legaria, V. (2011). *Abundancia del cacomixtle (Bassariscus astutus) En la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Ciudad Universitaria, México D.F.* Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.

Botello, F., Monroy G., Illoldi-Rangel, P., Trujillo-Bolio, I. y Sánchez-Cordero, V. (2007). Sistematización de imágenes obtenidas por fototrampeo: una propuesta de ficha. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 78, 207-210.

Calvo-Sedín, J. F., Esteve-Seman, M. A. y López-Bermúdez, F. (2000). *Biodiversidad: Contribución a su Conocimiento y Conservación en la Región de Murcia*. Instituto del Agua y del Medio Ambiente. Universidad de Murcia. España.

Cano-Santana, Z. (1994). *La reserva del Pedregal como ecosistema*. Págs. 149-158. en A. Rojo (Ed.) *Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Ángel: Ecología, Historia Natural y Manejo*. Universidad Nacional Autónoma de México.

Cano-Santana, Z., Castillo-Argüero, S., Martínez-Orea, Y. y Juárez-Orozco, S. (2008). *Análisis de la riqueza vegetal y el valor de la conservación de tres áreas incorporadas a la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Distrito Federal (México)*. Departamento de Ecología de Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

Canúl-Cruz A., Vargas-Contreras, J. A. y Escalona-Segura, G. (2012). *Algunos aspectos poblacionales del ratón de abazones Heteromys gaumeri de la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, México*. Págs. 71-84. En F.A. Cervantes, y C. Ballesteros-Barrera. (Eds.), *Estudios sobre la Biología de Roedores Silvestres de México*. Instituto de Biología. UNAM.

Castillo-Argüero, S., Montes-Cartas, G., Romero-Romero, M. A., Martínez-Orea, Y., Guadarrama-Chávez, P., Sánchez-Gallén, I. y Núñez-Castillo, O. (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.

Ceballos. G., Chávez, C. y Zarza, H. (2010). *CENJAGUAR: Censo nacional del jaguar y sus*

Patrones de actividad de los mamíferos de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel

presas. ECOCIENCIAS, S. C. Instituto de Ecología. Universidad Nacional Autónoma de México.

Chávez, C., De La Torre, A., Bárcenas, H., Medellín, R. A., Zarza, H. y Ceballos G. (2013). *Manual de fototrampeo para estudio de fauna silvestre: El jaguar en México como estudio de caso*. Alianza WWF-Telcel. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

CONABIO. (2009). *Síntesis del Capital Natural de México: Conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad. México.

CONABIO. (2016a). *Enciclovida: Ratón-pigmeo norteño* (*Baiomys taylori*). Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad. México. Recuperado el 21 de enero, 2017 de: <http://bios.conabio.gob.mx/especies/8012388>

CONABIO. (2016b). *Enciclovida: Musaraña de saussure* (*Sorex saussurei*). Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad. México. Recuperado el 21 de enero, 2017 de: <http://bios.conabio.gob.mx/especies/8012300>

Cruz-Reyes, A. (2009). *Fauna feral, fauna nociva y zoonosis*. En A. Lot, y Z. Cano-Santana (Eds.), *Biodiversidad del Ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Daly, M., Behrends, P. R., Wilson, M. I. y Jacobs, L. F. (1992). Behavioural modulation of predation risk: Moonlight avoidance and crepuscular compensation in a nocturnal desert rodent, *Dipodomys merriami*. *Animal Behaviour*, 44, 1-9.

De Oliveira, V. B., Linares A. M., Corrêa G. L. y Chiarello A. G. (2008). Predation on the black capuchin monkey *Cebus nigritus* (Primates: Cebidae) by domestic dogs *Canis lupus familiaris* (Carnivora: Canidae) in the Parque Estadual Serra do Brigadeiro, Minas Gerais, Brazil. *Revista Brasileira de Zoología*, 25(2), 376-378.

Díaz-Pulido, A. y Payán-Garrido, E. (2012). *Manual de fototrampeo: una herramienta de investigación para la conservación de la biodiversidad en Colombia*. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Pantera Colombia.

Dickman C. y Doncaster, C. (1987). The ecology of small mammals in urban habitats: Populations in patchy environment. *Journal of Ecology*, 56, 629-640.

Douady, C. J., Chatelier, P. I., Madsen, O., de Jong, W. W., Catzeflis, F., Springer, M. S. y Stanhope, M. J. (2002). Molecular phylogenetic evidence confirming the Eulipotyphla concept and in support of hedgehogs as the sister group to shrews. *Molecular phylogenetics and Evolution*, 25, 200-209.

Fox, J. y Weisberg, S. (2011). *An {R} Companion to Applied Regression*, Second Edition.

García, E. (1988). *Modificaciones al Sistema Climático de Köppen*. Editado por la autora, México, D.F.

García, M. N. (2007). *Sobre el ámbito hogareño y los hábitos alimentarios de un carnívoro en un ambiente suburbano. La zorra gris* (*Urocyon cinereoargenteus*) en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Ciudad Universitaria, México D.F. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México

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.

González-Santoyo, S., Hernández, F., Núñez, A., Medina, M., Cancino, R., Alvarado, J., Lechuga, A., García, P., Quijada, A. y Madrigal, X. (2013). "Práctica No. 8: Mamíferos". Págs. 62-71 en *Manual de Prácticas de Zoología III*. Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo. México.

Granados-Pérez, Y. (2008). *Ecología de mamíferos silvestres y ferales de la Reserva Ecológica de "El Pedregal": hacia una propuesta de manejo*. Tesis de Maestría. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.

Griffin, P. C., Griffin, S. C., Waroquiers, C. y Scott Mills, L. (2005). Mortality by moonlight: predation risk and the snowshoe hare. *Behavioral Ecology*, 16, 938-944.

Hall, E. R. y Kelson, K. R. (1959). *The mammals of North America*. Ronald, New York, vol. 1, 1-546+79p; vol. 2, 547-1083 p.

Hooke, R. L., Martín-Duque, J. F. y Pedraza, J. (2012). Land transformation by humans: A review. *GSA Today*, 22, 4-10.

Hortelano-Moncada, Y., Cervantes, F. y Trejo, A. (2009). *Mamíferos silvestres*. Págs. 277-293 en A. Lot y Z. Cano-Santana (Eds.), *Biodiversidad del Ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Jackson, S. y Groves, C. (2015). *Taxonomy of Australian Mammals*. CSIRO Publishing.

Kotler, B. P., Brown, J. S. y Hasson, O. (1991). Owl predation on gerbils: the role of body size, illumination and habitat structure on rates of predation. *Ecology*, 72, 2249-2260.

Landres, P. B., Verner, J. y Thomas, J. W. (1988). Ecological uses of vertebrate indicator species: a critique. *Conservation Biology*, 2, 316-328.

Lima, S. L. (1998a). Stress and making under the risk of depredation: recent developments from behavioral, reproductive and ecological perspectives. *Advances in Study of Behaviour*. 27, 215-290.

Lima, S. L. (1998b). Nonlethal effects in the ecology of predator-prey interactions. *Bioscience*. 48, 25-34.

Lima, S. L. y Bednekoff, P. A. (1999). Temporal variation in danger drives antidepredator behavior: the predation risk allocation hypothesis. *American Naturalist*, 153, 649-659.

Lima, S. L. y Dill, L. M. (1990). Behavioral decision made under the risk of predation: a review and prospectus. *Canadian Journal of Zoology*, 68, 619-640.

Lira-Torres, I. y Briones-Salas, M. (2012). Abundancia relativa y patrones de actividad de los mamíferos de los Chimalapas, Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 28, 566-585.

Longland, W. S. y Price, M. V. (1991). Direct observations of owls and heteromyid rodents: Can predation risk explain microhabitat use?. *Ecology*, 72, 2261-2273.

Lot, A., Pérez-Escobedo, M., Gil-Alarcón, G., Rodríguez-Palacios, S. y Camarena P. (2012). *La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: Atlas de Riesgos*. Secretaría Ejecutiva de la

Patrones de actividad de los mamíferos de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel

Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel – Universidad Nacional Autónoma de México.

Mandelik, Y., Jones, M. y Dayan, T. (2003). Structurally complex habitat and sensory adaptations mediate the behavioural responses of a desert rodent to an indirect cue for increased predation risk. *Evolutionary Ecology Research*, 5, 501-515.

Meave, J., Carabias, J., Arriaga, V. y Valiente-Banuet, A. (1994). Observaciones fenológicas en el Pedregal de San Ángel. En. A. Rojo (Comp.) *Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: Ecología, Historia Natural y Manejo*. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Mendes de Almeida, F., M. C. Ferreira Faria, A. Serricella Branco, M. L. Serrão, A. Moreira Souza, N. Almosny, M. Charme y N. Labarthe. (2004). Sanitary conditions of a colony of urban feral cats (*Felis catus* Linnaeus, 1758) in a zoological garden of Rio de Janeiro, Brazil. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, 46(5), 269-274.

Monroy-Vilchis, O., Zarco-González, M. M., Rodríguez-Soto, Soria-Díaz, C. L. y Urios, V. (2011). Fototrampeo de mamíferos de la Sierra de Nanchititlan, México; abundancia relativa y patrón de actividad. *Revista de Biología Tropical*, 59, 373-383.

NASA. (2008). National Aeronautic and Space Administration: Eclipse Website. Phases of the Moon 2001-2025. Recuperado el 22 de noviembre, 2014 de: <http://eclipse.gsfc.nasa.gov>

Negrete, A. y Soberón, J. (1994). Los mamíferos silvestres de la Reserva Ecológica del Pedregal. En. A. Rojo (Comp.) *Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: Ecología, Historia Natural y Manejo*. (pp. 219-228). Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Ortega-García, S. (2012). *Consecuencias de la pérdida de la cobertura vegetal y el cambio climático sobre la comunidad de roedores del Ajusco*. Tesis de Maestría. Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México.

PAOT, 2003. *Manejo y conservación de áreas verdes*. Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del D.F. Informe Anual. Recuperado el 11 de febrero, 2016 de: <http://goo.gl/pzqjlk>

R Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.

Ramírez-Pulido, J., N. González-Ruiz, A. L. Gardner y J. Arroyo-Cabrales. (2014). *List of recent land mammals of Mexico, 2014*. Special Publications Museum of Texas Tech University.

Ramos-Rendón, A. K. (2010). *Evaluación Poblacional de Mamíferos Medianos en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Hacia Un Programa de Control de Gatos Ferales*. Tesis de Maestría. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Rojas-Rojas, L. y Barboza-Rodríguez, M. (2007). Ecología poblacional del ratón *Peromyscus mexicanus* (Rodentia: Muridae) en el Parque Nacional Volcán de las Poás, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 55, 1037-1050.

Rzedowski, J. (1954). Vegetación del Pedregal de San Ángel (Distrito Federal, México). *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, Instituto Politécnico Nacional, 8, 59-129.

Rzedowski, J. y Calderón de Rzedowski, G. (2002). Prólogo. En A. Rojo. y J. Rodriguez (Eds.) *"La Flora del Pedregal de San Ángel"*. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). México.

REPSA (2013). Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: "Patrimonio Natural de la Sociedad en la UNAM". www.repsa.unam.mx Consultado en Noviembre 2013.

San José-Alcalde, M. (2010). *Monitoreo de las Actividades de la Fauna de Vertebrados en dos Zonas Sujetas a la Restauración en la Reserva del Pedregal de San Ángel, México D.F.* Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Santos-Moreno, A. y Pérez-Irinea, G. (2013). Abundancia de tepezcuittle (*Cuniculus paca*) y la relación de su presencia con la de competidores y depredadores en selva tropical, *Therya* 4, 89-98.

Schnabel, Z. E. (1938). The estimation of total fish populations of a lake. *American Journal of Mathematics*. 45, 348-352.

Shapiro, S. S. y Wilk, M. B. (1965). Analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52, 591-611.

Siebe, C. (2000). Age and archaeological implications of Xitle volcano, southwestern Basin on Mexico-City. *Journal of Vulcanology and Geothermal Research*, 104, 45-64.

Silver, S., Ostro, L., Marsh, Maffei, L., Noss, A. J., Kelly, M. J., Wallace, R. B., Gómez, H. y Ayala, G. (2004). The use of camera traps for estimating jaguar (*Panthera onca*) abundance and density using capture/recapture analysis, *Oryx*, 23, 14-21.

Stromgren, E. J. (2008). *Improving livetrapping methods for shrews (Sorex sp.)*. Tesis de Maestría. University of British Columbia, Vancouver. British Columbia. Canadá.

Tasker, L. (2007). *Stray animal control practices: A report into the strategies for controlling stray dog and cat populations adopted in thirty-one countries*. World Society for the Protection of Animals. London.

The Economics of Ecosystems and Biodiversity. (2010). *La economía de los ecosistemas y la diversidad: incorporación de aspectos económicos de la naturaleza*. TEEB. Alemania.

UACC, University Animal Care Committee. (2009). *Laboratory animal biomethodology workshop*". McGill University. Montreal. Canadá.

Upham, N. S. y Hafner, J. C. (2013). Do nocturnal rodents in the Great Basin Desert avoid moonlight? *Journal of Mammalogy*, 94, 59-72.

Vitousek, P. M., Ehrlich, P. R., Ehrlich, A. H. y Matson, P. A. (1986). Human Appropriation of the Products of Photosynthesis. *Bioscience*, 36, 368-373.

Vitousek, P. M., Mooney, H. A. y Lubchenco, J., Melillo, J. M. (1997a). Human Domination of Earth's Ecosystems. *Science, New Series*, 277, 5325, 494-499.

Vitousek, P. M., C. M. D'Antonio, L. L. Loope, M. Rejmánek y R. Westbrooks. (1997b). Introduced Species: A Significant Component of Human-Caused Global Change. *New Zealand Journal of Ecology*, 21(1), 1-16.

Wackernagel, M. y Rees, W. (2001). *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on Earth*. New Society Publishers. Canadá.

10. Anexos

10.1. Mamíferos pequeños.



Marcaje de roedores: ejemplar número tres (*Peromyscus gratus*).



Marcaje de roedores: ejemplares treinta y tres y cincuenta y seis (*P. gratus*).



Roedor: Ejemplares de *Reithrodontomys fulvescens* en la Zona Núcleo Poniente (izquierda) y Zona Núcleo Oriente (derecha).

10.2. Fototrampeo y detección de rastros de mamíferos.



Fototrampeo: Gato (*Felis silvestris catus*) en Zona Núcleo Poniente (FT ZNP 1).



Fototrampeo: Gato (*Felis silvestris catus*) en Zona Núcleo Oriente (FT ZNP 2).



Fototrampeo: Perro feral (*Canis lupus familiaris*) en Zona Núcleo Oriente (FT ZNO 1).

Patrones de actividad de los mamíferos de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel



Fototrampeo: Perro feral (*Canis lupus familiaris*) en Zona Núcleo Oriente (FT ZNO 1).



Fototrampeo: Perro feral (*Canis lupus familiaris*) en Zona Núcleo Oriente (FT ZNO 1).



Rastros: Excretas de perro y de roedor en la Zona Núcleo Oriente.



Fototrampeo: Cacomixtle (*Bassariscus astutus*) en la FT ZNO 1 y excretas de la misma especie en la Zona Núcleo Oriente.



Fototrampeo: Cacomixtle (*Bassariscus astutus*) en la Zona Núcleo Oriente (FT ZNO 1 a la izquierda y FT ZNO 3 a la derecha).



Fototrampeo: Tlacuache (*Didelphis virginiana*) en Zona Núcleo Poniente en (FT ZNP 1 a la izquierda) y Zona Núcleo Oriente (FT ZNO 1 derecha).

Patrones de actividad de los mamíferos de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel

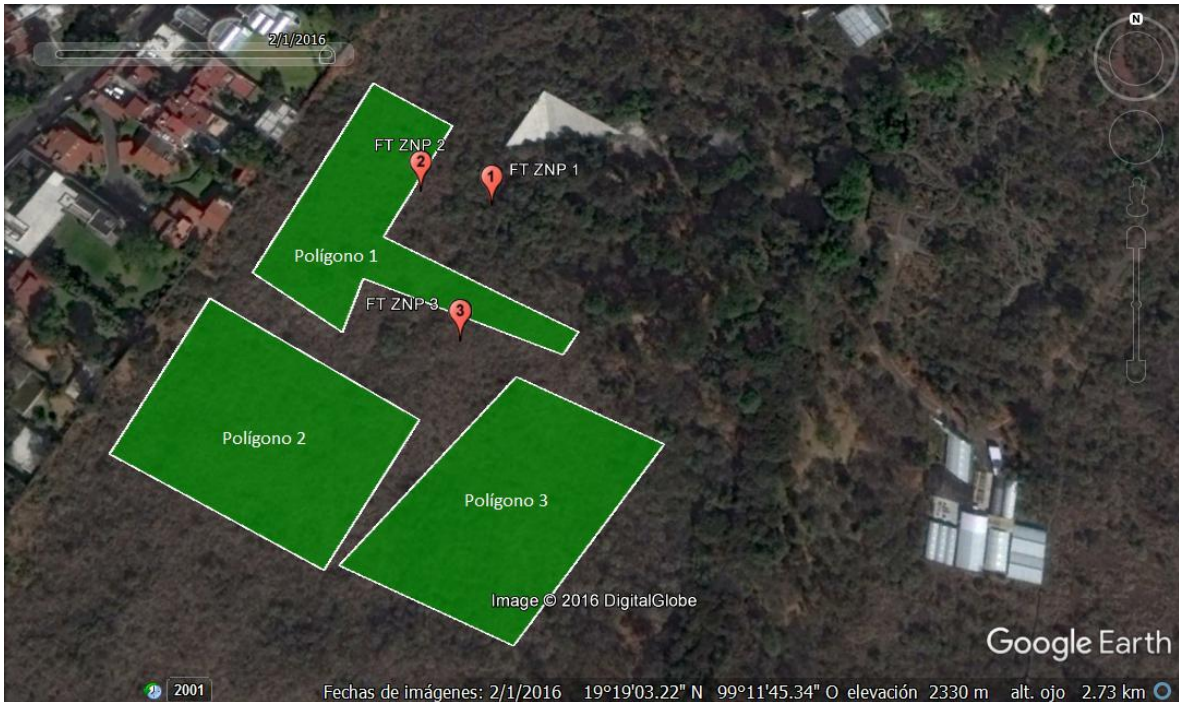


Fototrampeo: Ardillón (*Spermophilus* sp.) en Zona Núcleo Oriente (FT ZNO 1).

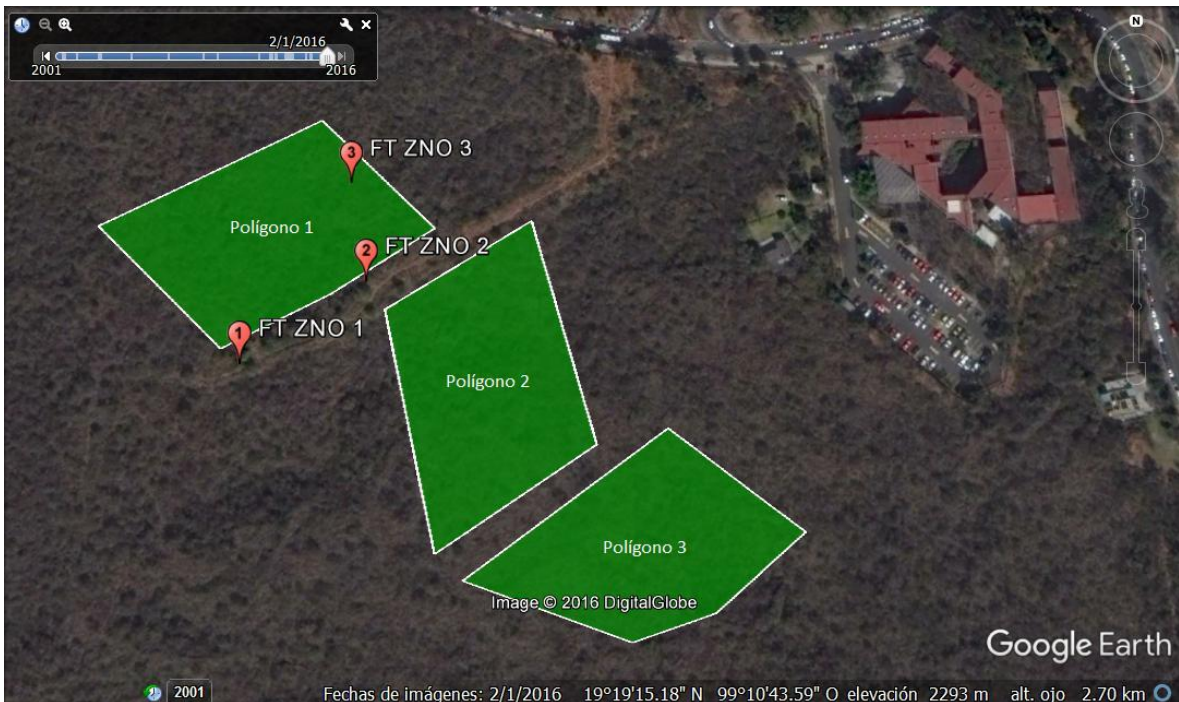


Fototrampeo: Tránsito de personas dentro del área restringida de la ZN Oriente.

10.3. Mapas.



Mapa: Ubicación de las trampas tipo Sherman y Cámaras-Trampa en la Zona Núcleo Poniente (Fuente: Google Earth).



Mapa: Ubicación de las trampas tipo Sherman y Cámaras-Trampa en la Zona Núcleo Oriente (Fuente: Google Earth).