



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA.**

Carrera de Biología.

**“CARACTERÍSTICAS Y USO DE LETRINAS DEL CONEJO
ZACATUCHE (*ROMEROLAGUS DIAZI*) EN EL VOLCÁN POPOCATEPETL”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I O L O G A

P R E S E N T A

KARLA GABRIELA HERNÁNDEZ AGUILAR.

**DIRECTOR DE TESIS:
DR. FERNANDO A. CERVANTES REZA
2011**



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.

DEDICATORIA

A DIOS porque me ha brindado la oportunidad de seguir viviendo para alcanzar mis sueños y porque en el camino recorrido me ha bendecido, me ha permitido alcanzar las metas que hasta hoy me he propuesto, y me ha hecho entender que mi fe y la ciencia no tienen por qué estar en disputa haciéndome ver que sus caminos son paralelos, no convergentes.

A mis padres Carmen Aguilar Meneses y Alfonso Hernández Y Regalado porque me regalaron esto tan hermoso llamado vida y han dado la suya por mis sueños; porque con su esfuerzo, amor y sacrificio me han apoyado a lo largo de mi formación personal y profesional; por los valores que me inculcaron, por su confianza, su educación, sus regaños, por toda la paciencia que han tenido conmigo y porque nunca podré pagar todos sus desvelos ni aun con las riquezas más grandes del mundo y porque aun en los momentos más difíciles me han apoyado, brindándome todo su amor. Infinitas gracias.

A Yarec (Beba), porque con tus consejos, tus palabras de aliento, tus abrazos, tus regaños, tus caras, tus opiniones, tus pláticas y tu amor has sido la mejor hermana y amiga, creciendo de la mano, acompañándome, molestándome, regañándome, haciéndome reír, pero sobre todo nunca dejándome sola.

A la ciencia que se esfuerza por hacer posible lo imposible.

El estudio y la contemplación de la naturaleza es el natural alimento de la inteligencia y del corazón.....

AGRADECIMIENTOS

A la UNAM, a través de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala por brindarme la oportunidad de ser parte de la comunidad científica a través de la carrera de Biología.

Al Instituto de Biología especialmente todos los que pertenecen a la Colección Nacional de Mamíferos (CNMA) por todo el apoyo brindado en la realización de este trabajo.

Al Dr. Fernando Cervantes Reza por su apoyo, sus consejos, sus enseñanzas no solo en este trabajo sino en parte de mi formación profesional y por sus pláticas a nivel personal que siempre fueron reconfortantes.

A mis sinodales, M. en C. Rodolfo Collazo, M. en C. Leticia A. Espinosa, M. en C. Rafael Chávez y M. en C. Tizoc Altamirano, por sus revisiones.

A esas personitas con las que uno puede ser humano, súper héroe o tonto más nunca ser juzgado, mis amigos: Gustavo A. (Cosa) Paco (Mostro), Toñito, Fer, Sandriux, Víctor, Carito, y Lupita, que independientemente del tiempo, la distancia, los enojos y las dificultades, me han apoyado incondicionalmente y aunado a todos los buenos momentos, siempre me han hablado con sinceridad y han tenido una palabra de aliento hasta en los momentos más delicados.

A mis compañeros de la CNMA por apoyarme en campo y en laboratorio especialmente y con mucho cariño a Angel, Lalo, Joel y M. en C. Julieta Vargas, porque no solo me apoyaron profesionalmente sino personalmente con pláticas, abrazos, opiniones, risas y consejos.

A toda la gente del Parque Nacional Izta-Popo, Zoquiapan a través de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas por todas las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo, especialmente al Biol. Omar Maldonado, Crispín, guardaparques y ejidatarios que además del apoyo siempre tenían una buena plática en cada visita.

A los no amigos porque sin ellos la lucha y el esfuerzo no serían lo mismo.

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	7
INTRODUCCIÓN	8
HIPÓTESIS	17
OBJETIVOS	17
MÉTODOS	17
RESULTADOS	27
Sitios Permanentes	27
• Tipos de letrinas	27
• Tamaño de letrinas por conteo de heces fecales	28
• Asociación a sitio de deposición.	30
• Correlación con la precipitación (Variación estacional)	30
• Frecuencia de defecación.	34
Sitios No Permanentes	35
• Tipo de letrina	36
• Asociación a sitio de deposición	36
• Categoría de edad	36
• Estado de conservación de los excrementos	36
• Tamaño de letrinas por extensión	36
• Traslape de letrinas	37
DISCUSIÓN.	38
CONCLUSIONES	46
APÉNDICES	47
LITERATURA CITADA	55

ÍNDICE DE FIGURAS Y CUADROS

	Página
Introducción	
Figura 1.- Pika de Montaña (<i>Ochotona griceps</i>)	9
Figura 2 A.- Liebre del Istmo (<i>Lepus flavigularis</i>)	10
Figura 2 B.- Conejo zacatuche (<i>Romerolagus diazi</i>)	10
Figura 3.- Ejemplar de zacatuche	11
Figura 4 A.- Letrina de tejón	13
Figura 4 B.- Letrina de venado	13
Figura 5.- Letrina de conejo zacatuche	13
Área de Estudio	
Figura 6.- Ubicación área de estudio	18
Figura 7 A.- Vista frontal Volcán Popocatepetl	18
Figura 7 B.- Paraje Paso de Coyotes, Faldas del Volcán Popocatepetl	18
Figura 8.- Eje Neovolcánico Transversal	20
Material y Métodos	
Figura 9.- Representación del método de medición por extensión de las letrinas del conejo zacatuche	22
Figura 10.- Representación de un traslape de letrinas.	25
Resultados	
Figura 11.-Registro quincenal de las letrinas del conejo zacatuche	28
Figura 12.- Tamaño promedio por conteo de heces fecales de los tipos de letrinas.	29
Figura 13.- Porcentaje de deposición de los sitios en donde se ubicaron las letrinas del conejo zacatuche.	30
Figura 14.- Precipitación pluvial promedio en la zona boscosa del Parque Nacional Izta Popo Zoquiapan.	31
Figura 15.- Comportamiento quincenal en el número de registro de letrinas	31

Figura 16.- Representación gráfica de la regresión entre la precipitación y el número de letrinas	34
Cuadro 1.- Resumen del análisis descriptivo de los tipos de letrinas del conejo zacatucho	29
Cuadro 2.- Registro quincenal de los tipos de letrinas del conejo zacatucho	32
Cuadro 3.- Resumen del análisis de varianza de dos factores entre los meses y los tipos de letrinas evaluadas del conejo zacatucho	33
Cuadro 4.- Tabla de contingencia de la frecuencia de defecación y el sitio y época del año. Valores observados y esperados de 16 letrinas.	35

RESUMEN

El conejo zacatuche o teporingo (*Romerolagus diazi*), es un mamífero endémico considerado el conejo más pequeño de México; se caracteriza por formar abundantes letrinas de excretas, cuyas características aportan información biológica valiosa; desafortunadamente, son un aspecto muy poco estudiado. Por lo tanto el presente trabajo describe las características de las letrinas del conejo zacatuche, para lo cual durante 10 salidas se eligieron sitios permanentes y no permanentes de observación, registrando los siguientes datos: tipos de letrinas, sitios de deposición, tamaño de letrinas mediante conteo de excretas, extensión, categoría de edad, estado de conservación de las excretas y la relación letrinas-temporada; todo lo anterior se complementó con un registro fotográfico. Los resultados obtenidos fueron 216 letrinas en sitios permanentes clasificadas en tres tipos: visibles, no visibles y heces fecales dispersas, ubicadas en 6 sitios diferentes, de los cuales, 4 (roca, tronco, madriguera y corredor) tuvieron una defecación baja (6%), 1 (zacatón) defecación media (22%) y 1 (sustrato) defecación alta (72%). Se reconocieron dos tamaños de letrinas: pequeñas (1- 46 excretas) y grandes (≥ 47), y la extensión promedio fue de 27.5 cm de diámetro. Para los sitios no permanentes se obtuvieron 94 letrinas clasificadas también en tres tipos, ubicadas en 2 sitios: sustrato (70%) y zacatón (30%). La mayor proporción de excrementos (84%) correspondió a la categoría adulta y la menor a la categoría cría (13%), se registraron tres estados de conservación: fresco (40%), medio (31%) y seco (29%) y la correlación entre temporada y número de letrinas fue significativa. Con los resultados obtenidos concluimos que las letrinas del conejo zacatuche presentan atributos particulares que se relacionan con la temporada del año, y juegan un papel muy importante en la biología y comportamiento de la especie, concordando con los resultados obtenidos en otros estudios hechos con lagomorfos.

CARACTERÍSTICAS Y USO DE LETRINAS DEL CONEJO ZACATUCHE (ROMEROLAGUS DIAZI) EN EL VOLCÁN POPOCATEPETL.

KARLA GABRIELA HERNÁNDEZ AGUILAR ^{1,2}.

¹Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. de los Barrios N° 1, Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Edo. De Méx

²Departamento de Zoología, Laboratorio de Mastozoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. 3er Circuito Exterior, Ciudad Universitaria. Apdo. Postal 70-159. México, D.F. 04510.
e-mail khernandez@ibiología.unam.mx

1.- INTRODUCCIÓN.

Los mamíferos son uno de los grupos más importantes de vertebrados y han sido fundamentales en la evolución de la especie humana. Representan un recurso natural renovable con un potencial de aprovechamiento inmenso para nuestro país. La gran diversidad de los mamíferos de México se ha explicado como resultado de una serie de factores que incluyen a su historia geológica, biogeografía, climas, topografía y tipos de vegetación. Para obtener un beneficio integral de la biodiversidad mastofaunística y promover su utilización sostenible de forma compatible con la evolución de nuestra sociedad, primero se deben conocer las características biológicas básicas de estos vertebrados mexicanos y la situación actual de sus poblaciones. (Ceballos y Brown, 1995; Mittermier *et al.*, 1997). Tal es el caso de los lepóridos (Lagomorpha) de los cuales a pesar de ser un componente fundamental de la mastofauna mexicana, aun se desconocen varios aspectos de su biología básica.

1.1 Orden Lagomorpha.

Los conejos y liebres silvestres actuales son mamíferos que se agrupan en el orden Lagomorpha, el cual comprende a las familias Ochotonidae (pikas; Fig.1) y Leporidae (conejos y liebres; Fig. 2). Los ocotónidos son numerosos en Asia y Europa, mientras que en América solo se encuentran dos especies y se limitan a algunos sitios de Estados Unidos y Canadá. En contraste los lepóridos tienen una

representación taxonómica y geográfica más amplia en el mundo (Cervantes y González, 1979).

Los conejos y liebres silvestres de México, son de importancia ecológica, porque constituyen la base de las redes alimentarias de los ecosistemas mexicanos. Además de los roedores, representan el alimento de la mayor parte de las poblaciones de depredadores del tipo de serpientes, aves rapaces diurnas y nocturnas y mamíferos carnívoros como cánidos, prociónidos, mustélidos y félidos en cualquier tipo de hábitat (Cervantes y González, 1979).

La actividad excavadora, característica de estos animales al construir sus madrigueras, contribuye significativamente en la aeración, mezcla y reciclaje del suelo. Sus excrementos sirven de abono y proveen de nutrientes a los suelos, permitiendo el buen desarrollo de muchas especies de plantas. Son también especies acarreadoras de semillas que quedan atoradas en su pelaje y patas, ayudando a la dispersión de éstas. Debido a que su dieta incluye grandes cantidades de partes reproductivas y vegetativas de pastos, hierbas, arbustos y hasta árboles, por medio de sus excretas también ayudan a su germinación (Cervantes y Romero-Palacios, 2009).

Estos mamíferos también son importantes en todo el territorio nacional como fuente de alimento para los habitantes del sector rural, y además generan ingresos por la obtención de permisos de cacería. En México se aprovechan, dentro de los mamíferos, más conejos y liebres para comer que cualquier otro tipo de animal de caza (INE, 2007).



Fig. 1.- Pika de montaña (*Ochotona princeps*)

www.mammalogy.org/mil_images/images/mid/063.jpg

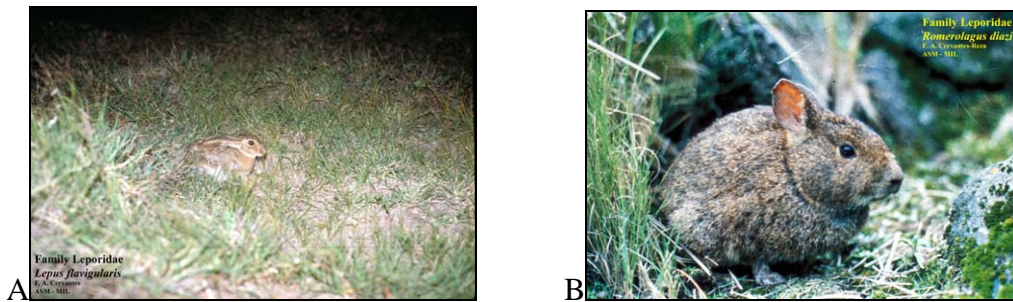


Fig. 2.- Liebre del Istmo (*Lepus flavigularis*) (A) Conejo Zacatuche (*Romerolagus diazi*) (B)
 (Fotografías de Fernando A. Cervantes) En: www.mammalogy.org/mil_images/images/mid/063.jpg

1.2 Familia Leporidae

Esta familia comprende a 11 géneros y 54 especies de liebres y conejos, se distribuye en prácticamente todo el mundo con excepción de Australia y el sur de Sudamérica, regiones en las que se han introducido varias veces (Wilson y Reeder, 2005). En México, existen 15 especies de conejos y liebres. Esta riqueza representa la diversidad máxima de lagomorfos del continente americano y sitúa a México como uno de los países que aloja más especies de conejos y liebres en el mundo. De estas 15 especies de lepóridos, cinco pertenecen al grupo de las liebres (*Lepus*) y el resto al grupo de los conejos (*Sylvilagus* y *Romerolagus*). Del total, cinco especies de conejos y tres liebres son endémicos de México, es decir, 57% (Cervantes y González, 1996). Se incluye en este grupo al conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*), la cual es una especie asignada a un género monotípico. El estudio de su biología resulta atractivo, entre otras cosas, porque ha sido considerado como primitivo y por el enigma que representa su origen y sus relaciones biogeográficas (Cervantes y Martínez, 1996).

1.3 *Romerolagus diazi*.

El conejo zacatuche, teporingo o conejo de los volcanes (*Romerolagus diazi*), es un organismo de talla pequeña, considerado como el conejo más pequeño de México (Fig. 3). Es una especie endémica mexicana de un área

pequeña restringida a las montañas centrales del Eje Neovolcánico Transversal (Cervantes *et al.*, 1990).



Fig. 3.- Ejemplar de conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*)

(Fotografía de Fernando A. Cervantes) En: www.mammalogy.org/mil_images/images/mid/063.jpg

Tiene un tamaño de 30 cm de longitud total, se caracteriza por tener orejas cortas y redondeadas, sus piernas son cortas en relación con su cuerpo y una característica muy particular es que a diferencia de los demás conejos, su cola es tan pequeña que casi no es visible a simple vista. Su pelaje es de color café oscuro homogéneo, con la parte ventral un poco más clara (AMCELA, 2003).

Como característica particular, utiliza vocalizaciones agudas y fuertes probablemente para informar a otros individuos sobre la presencia de depredadores; ningún otro lepórido vocaliza. Por lo general, el zacatuche huye ante cualquier señal de peligro y se aleja vocalizando intensamente. Incluso se puede ocultar y continuar vocalizando, lo cual propicia que otros zacatuches de los alrededores también vocalicen (Cervantes y Martínez, 1996).

Estos organismos forman agrupaciones fáciles de distinguir por la abundante presencia de excrementos y un sistema de veredas que construyen por debajo de las gramíneas (AMCELA, 2003). Las heces fecales de los zacatuches, son bolitas de excremento cuya forma es como una esfera que hubiera sido comprimida en dos extremos, y si se observan por su cara ancha, son redondas. Las bolitas miden de 5 a 9 mm de diámetro y frescas son de color ocre, brillosas y de textura lisa; se tornan amarillentas cuando se secan. Las heces son encontradas por lo regular en grupos de más de 90 bolitas en la base de los

zacatones, a lo largo de los corredores, bajo la cobertura de los zacatones, cerca de los nidos y en la entrada de las madrigueras (Cervantes y Martínez, 1996) y a las cuales se les ha definido como letrinas.

1.4 Letrinas.

Muchas especies de mamíferos de diversos órdenes (la mayoría terrestres) parecen utilizar las heces en la comunicación química. Tales comportamientos se encierran generalmente en 1 o 2 categorías: 1) marcas frecuentes con pequeños volúmenes depositados en substratos ó 2) la producción de letrinas, grandes acumulaciones de heces, resultado de repetidas defecaciones en un solo sitio. En ambos casos, las heces se depositan a menudo conjuntamente con secreciones de los sacos anales, bolsas anales, u otras glándulas. El comportamiento de una letrina, se define como la selección de sitios de defecación de tal manera que las heces se acumulan en 1 o más lugares específicos (Irwin, *et al.*, 2004).

Las letrinas son centros para el intercambio de información entre los animales que conforman una colonia (incremento de la confianza, identificación del animal con su territorio, mantenimiento de la jerarquía social dentro de la colonia) y los de las colonias vecinas (Mykytowycz y Gambale 1969, Sneddon 1991). En el caso de los mamíferos, las letrinas (Fig. 4 A, B y Fig. 5) generalmente son utilizadas para marcar áreas que contienen recursos para encontrar compañeros viables para la reproducción (Rata acuática europea, *Arvicola terrestres*; Woodroffe y Lawton, 1990) o comida (Tejón europeo, *Meles meles*; Kruuk, 1989). Estudiar letrinas es relativamente fácil, barato y frecuentemente usado para monitorear la presencia y abundancia de especies locales (Schauber *et al.*, 2008); irónicamente, es un aspecto biológico muy poco estudiado.



A

Fig. 4. A.-Letrina de tejón (*Taxidea taxus*)

En: www.blog.brookei.es/?cat=12



B

Fig.- 4.- B.-Letrina de venado (*Odocoileus sp.*)

En: www.naturablog.blogspot.com/2006_12_01_archive.html



Fig. 5.- Letrina de conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*) en las faldas del Volcán Iztaccihuatl.

(Fotografía de Karla G. Hernández)

Las características de las letrinas son tan relevantes que pueden aportar información valiosa si se estudian adecuadamente y como técnica de muestreo no invasivo, abre las puertas a un gran potencial para su uso en estrategias de conservación de diferentes especies. Las letrinas descritas en la literatura varían en su localización (arbórea, terrestre, o subterránea), el volumen de heces, la distribución espacial, los comportamientos asociados a la defecación y parecen variar en las funciones que pueden tener. La comunicación química es la función comúnmente asociada al uso de las letrinas, aunque existen explicaciones alternativas como el evitar la transmisión de parásitos (Gilbert, 1997) y la detección de depredadores (Boonstra *et al.*, 1996). Dentro de la comunicación química, la mayoría de los estudios han señalado a la territorialidad como la función más probable (en contraste con las funciones diversas atribuidas a otras formas de marca del olor; Gorman y Trowbridge 1989).

En los mamíferos las funciones básica de defecación y orina tienen una función secundaria inherente de comunicación química (Eisenberg, 1981) y los mamíferos han desarrollado una variedad de comportamientos basados en este tipo de comunicación. Muchos mamíferos particularmente carnívoros tales como el tejón europeo (*Meles meles*; Stewart *et al.* 2002), tejones mieleros (*Mellivora capensis*; Begg *et al.* 2003) y quolls (*Dasyurus* spp.; Kruuk y Jarman 1995; Oakwood, 2002), pero también especies no carnívoras como los conejos (Sneddon, 1991), dejan acumulaciones de heces o letrinas, que pueden tener un sinnúmero de funciones sociales, tales como marcaje de territorio y establecimiento de la dominancia en los diferentes niveles de jerarquías.

En diversos trabajos de tipo ecológico se han analizado los excrementos y letrinas de mamíferos como Nutrias (*Lontra canadensis*; Stevens y Serfass, 2008), Lemúr (*Lepilemur* sp. y *Hapalemur griseus*; Irwin *et al.* 2004), e incluso otras especies de lagomorfos como Conejo de pantano (*Sylvilagus aquaticus*, Schauber *et al.*, 2008) y Conejo europeo (*Oryctolagus cuniculus* ; Monclús y De Miguel, 2003); específicamente para el conejo zacatuche este tipo de estudios se

ha utilizado únicamente como indicadores indirectos de su presencia y abundancia (Bell *et al.*, 1985; Hoth *et al.*; Romero y López-Paniagua, 1991; Velázquez, 1993), para comparar e identificar unidades más densamente pobladas de zacatuches (densidad relativa; Velázquez, 1993), para analizar preferencias alimenticias mediante el estudio de la variación estacional de la dieta de zacatuche (Martínez y Cervantes, 1987) o como indicadores de género y comportamiento de las especies (Aranda, 1981), sin embargo no se conoce nada sobre estructura y características de las letrinas.

La aplicación de estudios concretos de caracterización de letrinas en especies de lagomorfos como *O. cuniculus* y *S. aquaticus* han demostrado que el efecto de temporada es una característica primaria de las letrinas, al encontrar un mayor número de excrementos en cierta época del año; eso se refleja en el incremento o disminución de la detección de excrementos (Zollner, *et al.*, 1996). En el mismo estudio se encontraron variaciones significativas en el uso de letrinas, al demostrar que éstas también se ubican en sitios altos como rocas o troncos para incrementar su campo de visión y mejorar la vigilancia. Esto desechó la hipótesis de que solo se localizan en el lugar donde se alimentan, pero especificando que el uso de troncos no necesariamente correspondía a una relación de marcaje de territorio por lo que se infirió un uso no exclusivo de las mismas (Zollner, *et al.*, 1996). Para el caso de *Sylvilagus floridanus* (conejo castellano), un estudio de caracterización de excrementos presentó variaciones en diferentes temporadas. Esto se atribuyó a los índices diferenciados de descomposición de dichos excrementos y a la variación en el tamaño debido a cambios estacionales, al número de insectos que consumían las excretas y a la dieta de los conejos que influían fuertemente en la descomposición de las excretas (Cochran y Stains, 1961).

De acuerdo con observaciones de campo, en el caso del zacatuche, éste deposita sus excrementos en el mismo lugar donde se alimenta. Por lo tanto para estar seguros de la presencia de zacatuches en un área, basta con verificar la

presencia de sus letrinas (Cervantes-Reza, 1980). Desgraciadamente, la caracterización de sus letrinas no ha sido descrita por lo que la información que se tiene de estas marcas tan relevantes es nula. Sin embargo, si tomamos como base la descripción de letrinas en otros mamíferos, preferencialmente en lagomorfos y asociamos éstas con el efecto temporada podríamos inferir que las características de las letrinas de *Romerolagus diazi*, cambien según dicho efecto y teniéndolas identificadas y descritas podríamos inferir el uso que pueden llegar a tener. Debido a lo anterior el presente trabajo tiene como objetivo detallar las características y el uso de letrinas del conejo zacatuche, que contribuya a conocer mejor no solo a la especie sino aspectos muy particulares de su biología.

2.- HIPÓTESIS

Si se ha descrito la estructura y las características de las letrinas de otros lagomorfos y han sido distintivas en diferentes épocas del año, se espera que la estructura y las características de las letrinas de *Romerolagus diazi*, presenten atributos similares y varíen en función de la época del año.

3.- OBJETIVOS

General

- Identificar y describir las características principales de las letrinas del conejo zacatuche en el volcán Popocatepetl.

Particulares.

- Comprobar que el efecto de temporada influye significativamente en la caracterización de las letrinas.
- Inferir los usos que pueden tener las letrinas de acuerdo a las características obtenidas.

4.- MÉTODOS

4.1 Área de estudio.

La zona de trabajo se ubicó en la región boscosa del paraje conocido como Paso de Coyotes, en la ladera oeste del Volcán Popocatepetl (Fig. 6 ,7A y 7B), a 70 km al sureste de la Ciudad de México (19°03'N 98°35' W).

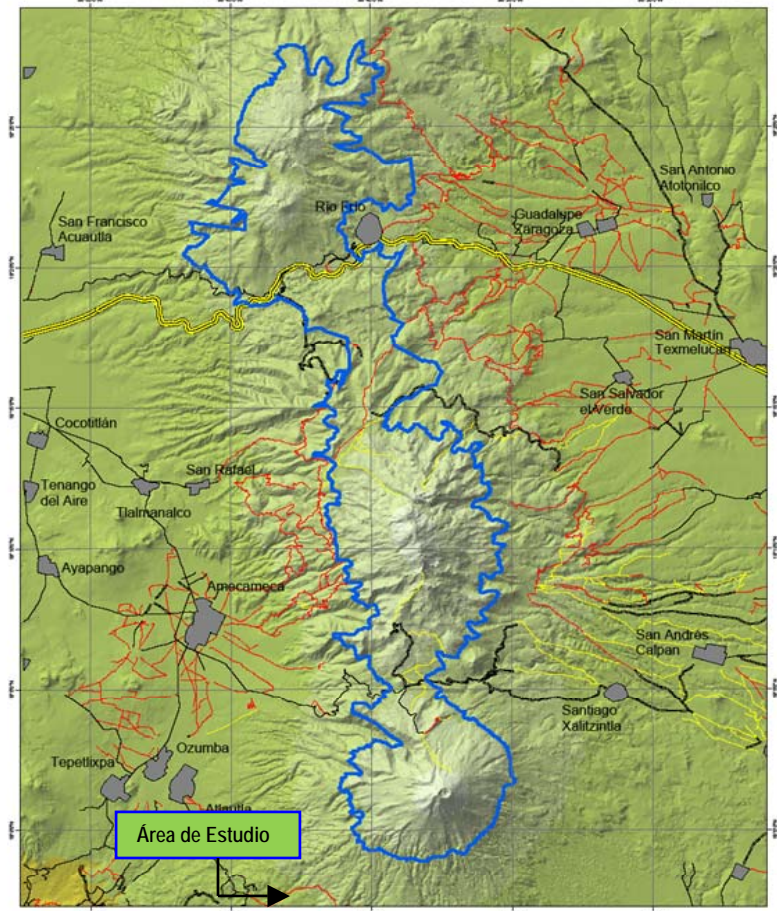


Fig. 6.- Ubicación área de estudio en el Parque Nacional Iztaccihuatl- Popocatepetl (CONANP 2009)

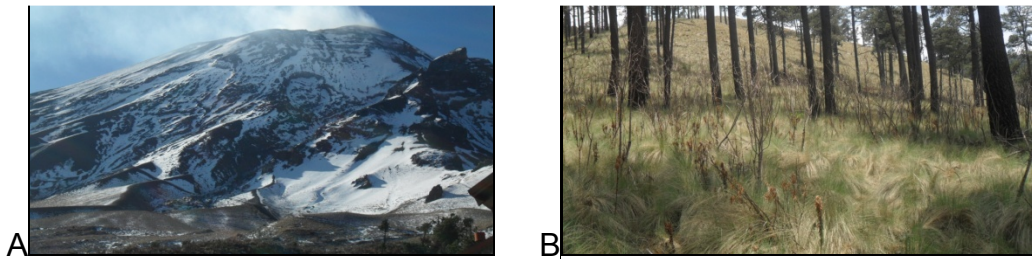


Fig. 7.- Vista frontal del Volcán Popocatepetl (A) Paraje Paso de Coyotes, faldas Volcán Popocatepetl (B)
Fotografías de Karla Gabriela Hernández Aguilar

El Volcán Popocatepetl se localiza dentro del Eje Neovolcánico Transversal (Fig. 8), abarca los estados de Morelos, Puebla (45 kilómetros) y el Estado de México (55 kilómetros). En el Estado de México colinda con los municipios de

Tlamanalco, Amecameca, Atlauta y Ecatzingo. Con el estado de Morelos colinda específicamente con el municipio de Tetela del Volcán. Por la parte de Puebla colinda con Huejotzingo, San Salvador el Verde, Domingo Arenas, San Nicolás de los Ranchos y Tochimilco (González et al., 1997).

La vegetación en esta zona atiende a la altitud, de modo que pueden distinguirse tres pisos fundamentales de vegetación que incluyen géneros como *Pinus*, *Abies*, *Senecio*, *Ribes*, *Muhlenbergia*, *Agrostis*, *Lupinus* y *Festuca*. Los bosques de coníferas son la vegetación dominante, seguidas por la pradera de alta montaña o pastizal alpino y vegetación herbácea de no más de 50 cm de altura que colinda con las nieves perpetuas. Entre estas dos zonas existe un ecotono en buen estado de conservación. Es una franja de aproximadamente 100 metros (50 hacia el bosque y 50 hacia el zacatonal) cuya principal característica es ser zona de transición entre las dos zonas de vegetación descritas.

En cuanto a la climatología presenta clima templado subhúmedo, con lluvias de verano, cuya temperatura media anual es de 14° C; siendo el mes más frío enero con 10.8° C y el más cálido mayo con 16.2° C. La precipitación media anual es de 928 mm; el mes más seco es febrero con una precipitación de 6.9 mm y el más húmedo, septiembre con una precipitación de 185.6 mm. El porcentaje de lluvia invernal es de 3.4% y la relación precipitación-temperatura es de 66.3. Con una oscilación térmica de 5.4, se le considera templado con verano fresco largo.

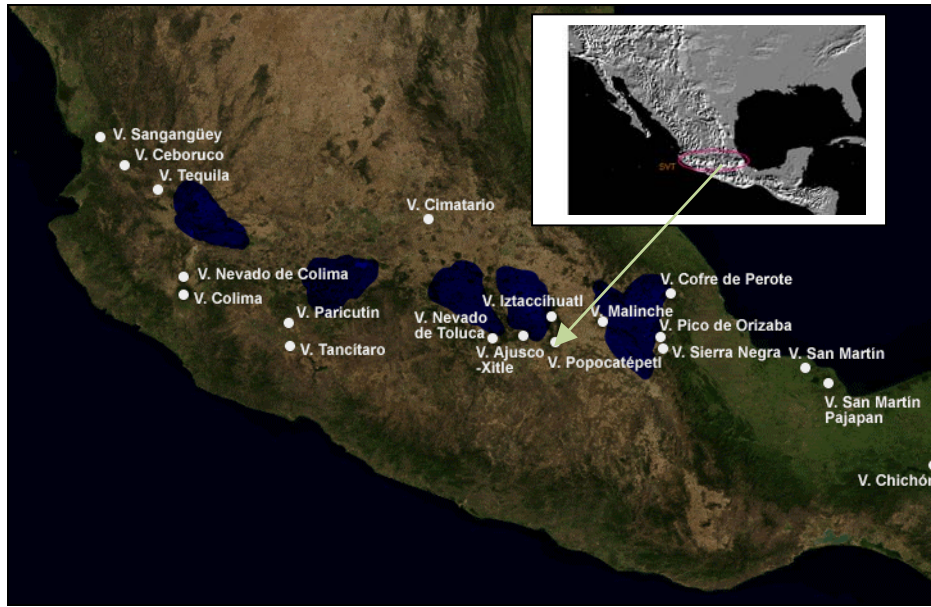


Fig. 8.- Eje Neovolcánico Transversal. (Imagen de abstractatus.com)

Para la realización de este trabajo, se efectuó una prospección para identificar los “sitios letrinas” con la finalidad de establecer las características a evaluar y de interés para el proyecto. Para concretar la caracterización y su variabilidad durante la época húmeda, se eligieron sitios permanentes de observación de letrinas en un área determinada y no permanentes a lo largo de un transecto, de los cuales se registraron los siguientes datos:

- Sitios Permanentes: Tipo de letrina (visible, no visible y heces individuales), sitios asociados a la deposición de heces (madriguera, corredor, roca, tronco, sustrato y zacate), tamaño de letrinas por conteo de heces y frecuencia de deposición de heces.
- Sitios No Permanentes: Tipo de letrina, sitios asociados a la deposición de heces, tamaño de letrina por extensión en diámetro (cm), categoría de edad de usuario de la letrina (cría, adulto) y estado de conservación de las heces (reciente, fresca; media, semifresca, semicompacta; no reciente, seca).

4.2 Tipos de letrinas.

Con ayuda de banderines, se marcaron 3 grupos diferentes de sitios de deposición dentro de las zonas permanentes de trabajo:

- Grupo 1: (Banderín verde) Letrinas Visibles.

Características principales: Deposiciones a cielo abierto y abundante.

Frecuencia de deposición: Alta

- Grupo 2: (Banderín azul) Letrinas No visibles.

Características principales: Deposiciones por debajo y medianamente abundantes.

Frecuencia de deposición: Media.

- Grupo 3: (Banderín rojo) No letrina- heces individuales.

Características principales: Deposiciones escasas ya sea por debajo o encima de los diferentes tipos de sustrato.

Frecuencia de deposición: Baja

4.3 Asociación a sitios de deposición.

Para la ubicación de letrinas se registraron los sitios de deposición con el fin de hacer una caracterización con respecto al uso de hábitat de la especie. Los sitios de deposición de las letrinas se clasificaron de la siguiente manera:

❖ Cielo Abierto.

- ◆ Piso (P)
- ◆ Roca (R)
- ◆ Tronco (T)
- ◆ Sobre Zacatón (Z)

❖ Cubiertos

- ◆ Corredor (C)
- ◆ Madriguera (M)

4.4 Tamaño de letrinas por conteo de heces fecales.

Basándome en Davis, 1987, en el caso de *Romerolagus diazi*, el método tomó como base la producción de grupos de heces en cada letrina, llevando a cabo un conteo repetitivo de la cantidad de grupos fecales en los sitios permanentes establecidos, en un cuadrante que abarcó en forma representativa el área de estudio (Davis, 1987). El número de excrementos sirvió para determinar el tamaño promedio de las letrinas.

4.5 Tamaño de letrinas por extensión.

Debido a la escasa información para identificar letrinas, se definió el número promedio de excrementos que agruparon a cada letrina basada en su extensión; como no hay registros de medidas estándares de letrinas del conejo zacatuche (*R. diazi*), realizamos visitas previas a la zona de estudio donde localizamos letrinas individuales a lo largo de un transecto (sitios no permanentes); de cada una de éstas, se ubicó el centro de la letrina y se trazó un radio de 50 cm para realizar una circunferencia de la cual se calculó el diámetro obteniendo así la extensión total de la letrina (Fig. 9). Lo anterior, permitió deducir y definir el tamaño promedio en centímetros de una letrina en un área determinada.

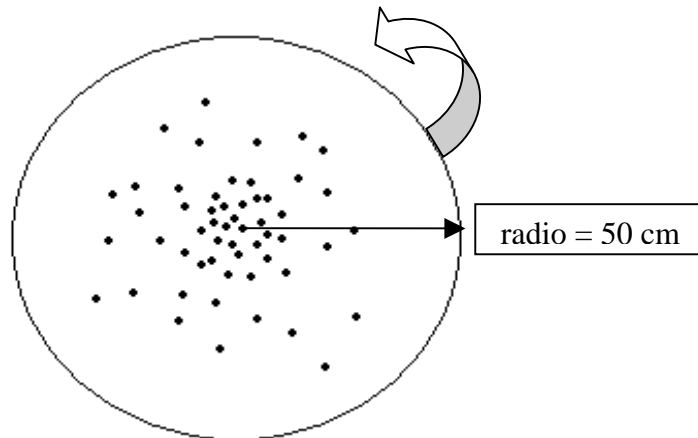


Fig. 9.- Representación del método de medición por extensión de las letrinas del conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*) en el Volcán Popocatepetl, México.

Teniendo identificadas las letrinas se procedió a registrar los siguientes datos:

4.6 Correlación de la precipitación (Variación estacional).

Cada letrina se evaluó quincenalmente abarcando la temporada de lluvia (junio- noviembre), con la finalidad de observar la influencia de la precipitación en la composición de las mismas. La variación estacional se examinó para considerar si fue un año típico o atípico, la época fue establecida de acuerdo al patrón de precipitación de los 10 años previos a la fecha de realización del proyecto. Esta característica es fundamental debido a que las demás características se relacionaron directamente con el efecto de temporada.

4.7 Categoría de edad de los excrementos.

De acuerdo a la categoría de edad de las heces fecales depositadas en la letrina, ésta variará por lo cual se esperaba que se encontrarían al menos tres tipos, dependiendo del tamaño de los excrementos que la agrupasen, y que indirectamente será una prueba del tamaño del organismo que utilizó la letrina.

Para la evaluación de las categorías de las edades de los excrementos, se trazó un transecto en línea recta dentro del área de estudio, donde se registraron las letrinas encontradas a lo largo del mismo para obtener las diferencias de tamaño agrupándolos de la siguiente manera:

- Crías
- Adultos típicos.
- Combinada (cuando se presentaron crías y adultos típicos en una misma)

Con los datos obtenidos se obtuvo un promedio de letrinas ocupadas por adultos y por crías.

4.8 Estado de conservación de los excrementos.

Por otro lado para analizar la continuidad en el uso de las letrinas, se evaluó también el estado de conservación de las heces encontradas en cada una de ellas, con ello podremos inferir si una letrina después de cierto tiempo permanece activa o no; para las letrinas en general, los excrementos se refirieron en 3 estados de conservación:

- Frescos (adherentes, consistentes y con olor característico)
- Viejos (hinchados, disgregados y sin olor)
- Medios (cuando presentan ambas).

4.9 Frecuencia de defecación.

Con la finalidad de observar si la frecuencia de defecación está dada por la relación entre los sitios de deposición y la época del año. en cada muestreo se hizo un barrido de las heces fecales depositadas en las letrinas de mayor tamaño (letrinas visibles) dentro de sitios permanentes. La frecuencia de deposición puede ayudar a inferir si una letrina tiene uso prolongado o no y si la remoción de los excrementos puede alterar la zona de influencia de las letrinas. Para realizarlo, las pelotillas fueron contadas y removidas del sitio de deposición y las observaciones se realizaron cada mes, durante la época húmeda.

4.10 Traslape de Letrinas.

Dentro de los registros de letrinas individuales hubo casos en los que se encontraron letrinas traslapadas; como parte del trabajo de investigación, se hizo caracterización de las mismas sin embargo no se tomaron como muestras para definir tamaño y extensión promedio, únicamente se realizó registro fotográfico en los casos en los que fue necesario. El traslape de letrinas sirvió como auxiliar para conocer si la aportación a la letrina puede ser por más de un individuo y si existen

diferencias cualitativas que permitan documentar las características de las letrinas en términos de sus atributos y dinámica (Fig. 10).

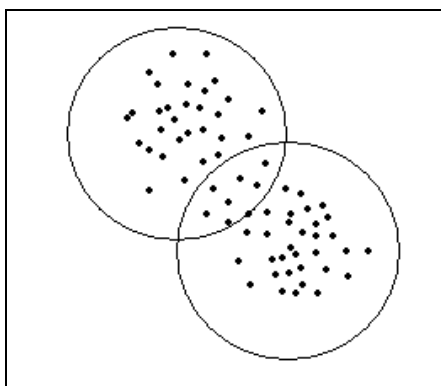


Fig. 10.- Representación de un traslape de letrinas.

4.11 Registro de Datos.

La caracterización se realizó tomando el siguiente formato:

- Sitios no permanentes

# de letrina	Ubicación	Tamaño (# de deposiciones)	Extensión (radio-cm)
--------------	-----------	----------------------------	----------------------

Registro de Tamaños de Letrinas.

No. de Letrina	Individuo Asociado (Edad)	Estado de Conservación
----------------	---------------------------	------------------------

- Sitios permanentes.

# de letrina	Tipo de letrina	Ubicación	Tamaño (# de deposiciones)	Letrina Traslapada	Frecuencia de defecación
--------------	-----------------	-----------	----------------------------	--------------------	--------------------------

4.12 Análisis estadístico.

Debido a que el objetivo principal del proyecto fue identificar y describir las características de las letrinas del conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*) los resultados se presentan de manera descriptiva, sin embargo para contrastar las distribuciones obtenidas de algunas variables mencionadas arriba se efectuaron análisis estadísticos descriptivos.

4.13 Registro fotográfico.

De igual manera para poder realizar comparaciones visuales se recurrió al uso de fotografías en cada una de las variables, que sirvieron como apoyo visual para la caracterización. Se tomaron imágenes específicas en momentos diferentes a lo largo del proyecto para poder diferenciar los cambios y con ello apoyar los resultados obtenidos.

5.- RESULTADOS

5.1 Sitios Permanentes.

Se registraron 216 letrinas dentro de los sitios permanentes de las cuales se obtuvo lo siguiente con respecto a su tipo, tamaño y asociación a sitio de deposición.

5.1.1 Tipos de letrinas.

Con base en las observaciones realizadas en la zona de estudio, se distinguieron 216 letrinas durante la época húmeda del año 2010 (Figura 11), clasificadas en 3 tipos de letrinas (Apéndice 1); las cuales fueron descritas de la siguiente manera de acuerdo a las características que presentaron las heces fecales:

Letrina Visible.

Se registraron 82 letrinas (38%) cuyas características visuales incluyen deposiciones abundantes a cielo abierto, principalmente en sustrato-suelo; las heces son frescas con pocas deposiciones secas y la actividad continua de la letrina es alta.

Letrinas No visibles.

Se registraron 36 letrinas (17%) las cuales presentaron deposiciones abundantes por debajo de la cobertura vegetal, en veredas, corredores o madrigueras, algunas en sustrato; la mayoría de las heces son secas con pocas deposiciones frescas y la actividad continua de la letrina es media-baja.

Heces individuales.

Se registraron 98 letrinas (45%) con deposiciones en diferentes superficies, las heces son frescas y la actividad continua de la letrina es baja-nula.

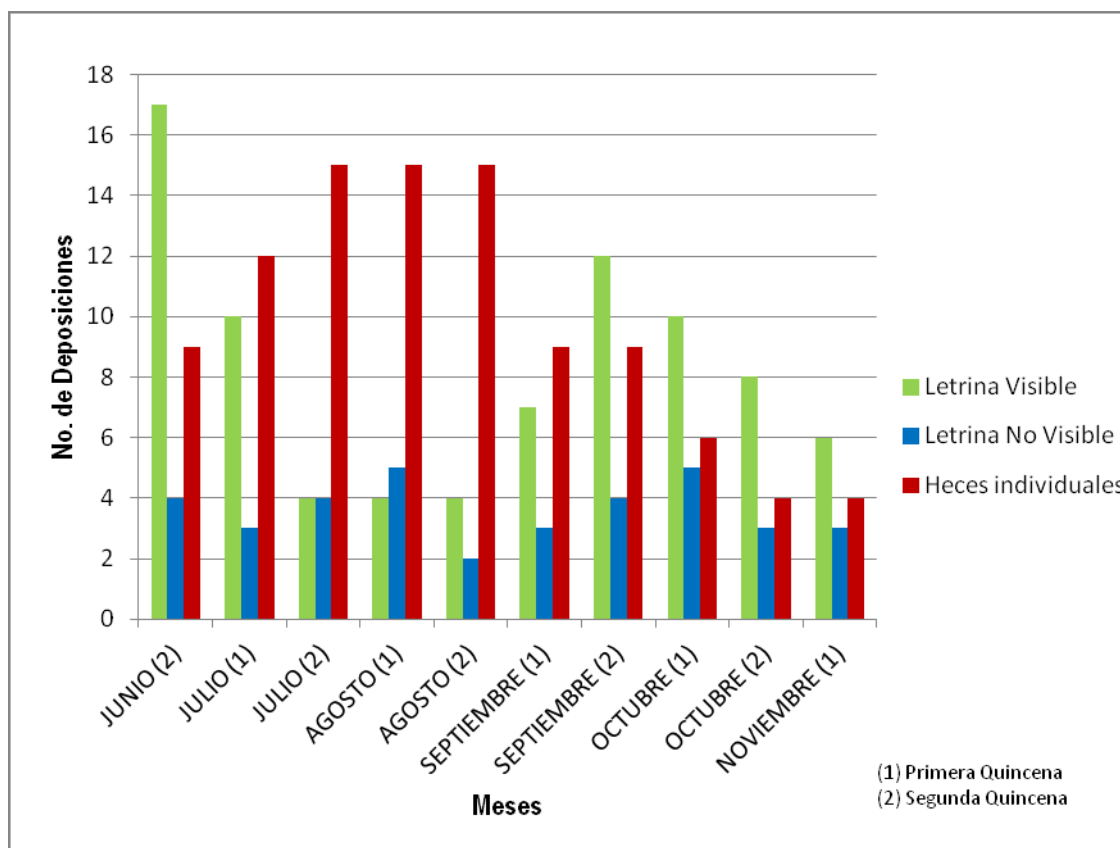


Figura 11.- Registro quincenal de las letrinas del conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*) en el Paraje Paso de Coyotes del Parque Nacional Izta Popo.

5.1.2 Tamaño de letrinas por conteo de heces fecales.

El tamaño de las letrinas fue uno de los parámetros más difíciles de evaluar pues al no tener una medida estándar, el tamaño de las letrinas se estableció con base en el promedio mensual de las heces encontradas en cada una de las letrinas registradas (Fig. 12).

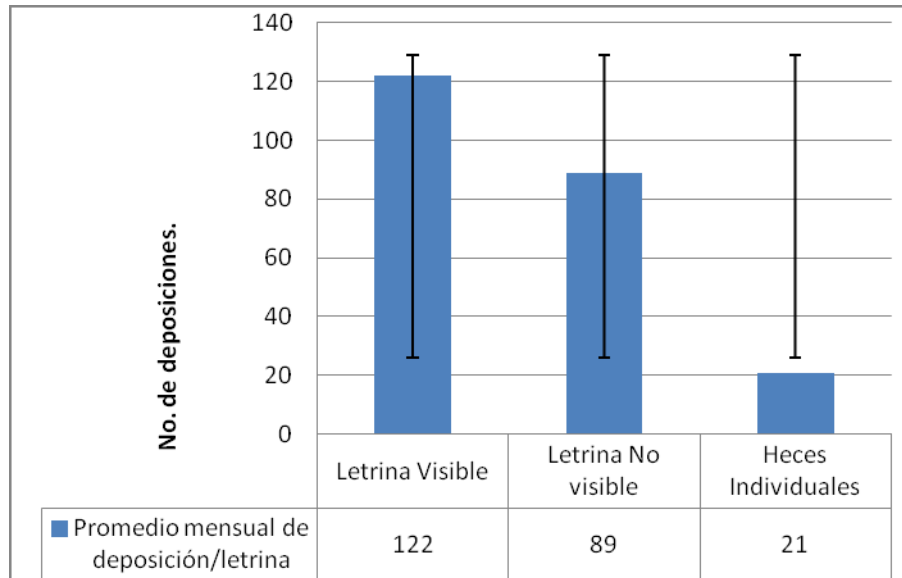


Figura 12.- Tamaño promedio por conteo de heces fecales de los tipos de letrinas observados en el Paraje Paso de Coyotes del Parque Nacional Izta Popo, Zoquiapan, durante la época húmeda del año 2010

Así mismo con base en los intervalos obtenidos con el análisis estadístico descriptivo se determinaron 2 categorías de tamaño con su respectiva medida (Cuadro 1).

Cuadro 1.- Resumen del análisis estadístico descriptivo de los tipos de letrinas del conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*) observados en la época húmeda del año 2010 en el paraje Paso de Coyotes del Parque Nacional Izta Popo, Zoquiapan.

	Letrinas Visibles	Letrinas No visibles	Heces individuales
Media	124.5	78.2	21.1
Error estándar	4.5	4.1	1
Desviación estándar	±40.6	±24.7	±9.9
Mínimo	54.4	46	1
Máximo	322	176.9	46.1
Nivel de confianza (95.0%)	8.9	8.2	1.9

Letrina Grande	Letrina pequeña
≥ 47 pelotillas	1 a 46 pelotillas

5.1.3 Asociación a sitios de deposición.

Los sitios asociados a las deposiciones que se registraron durante las 10 salidas a la zona de estudio fueron 6 (roca, madriguera, sustrato, zacate, corredor y tronco) de los cuales 4 tuvieron un índice de deposición bajo -con 6% del total-, una presentó un índice medio con 21% y el restante un índice alto con 73% (Fig. 13, Apéndice 2).

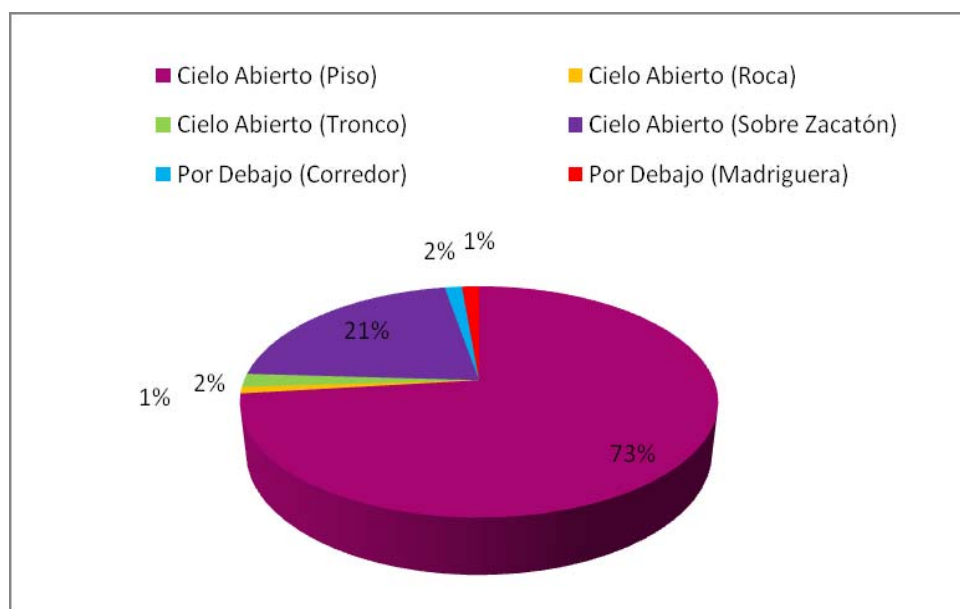


Figura 13.- Porcentaje de deposición de los sitios en donde se ubicaron las letrinas del conejo zacatucho (*Romerolagus diazi*)

5.1.4 Correlación con la Precipitación (Variación estacional).

Las fechas de observación de letrinas del conejo zacatucho fueron durante la época lluviosa. La cantidad y distribución de precipitación pluvial durante dicha época en el año 2010 variaron con el patrón de precipitación de los 10 años previos a las fechas de observación en esa zona; para 2010 los niveles de precipitación fueron más altos y los meses considerados como húmedos fueron julio-septiembre, a diferencia de los últimos 10 años, los meses considerados como época húmeda fueron junio-septiembre (Fig. 14, Apéndice 3).

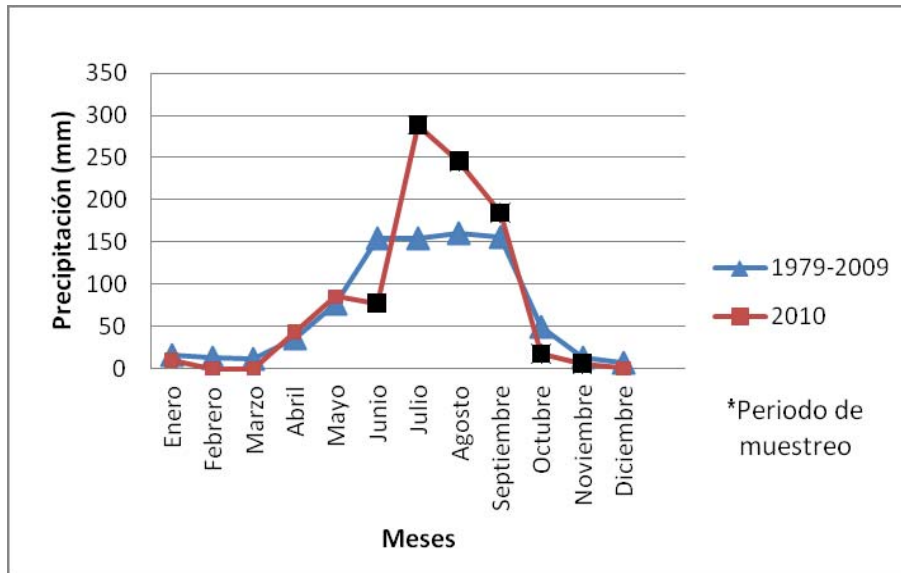


Figura 14.- Precipitación pluvial promedio en la zona boscosa del Parque Nacional Izta Popo, Zoquiapan.

Los registros de letrinas visibles disminuyeron, mientras que las heces individuales aumentaron, por el contrario al finalizar la época húmeda las letrinas no visibles y las heces individuales disminuyeron considerablemente en el número de registros y se mantuvieron constantes hasta el final del muestreo; por otro lado las letrinas visibles aumentaron sus registros al final de la época húmeda pero disminuyeron al final del muestreo (post lluvia; Fig. 15).

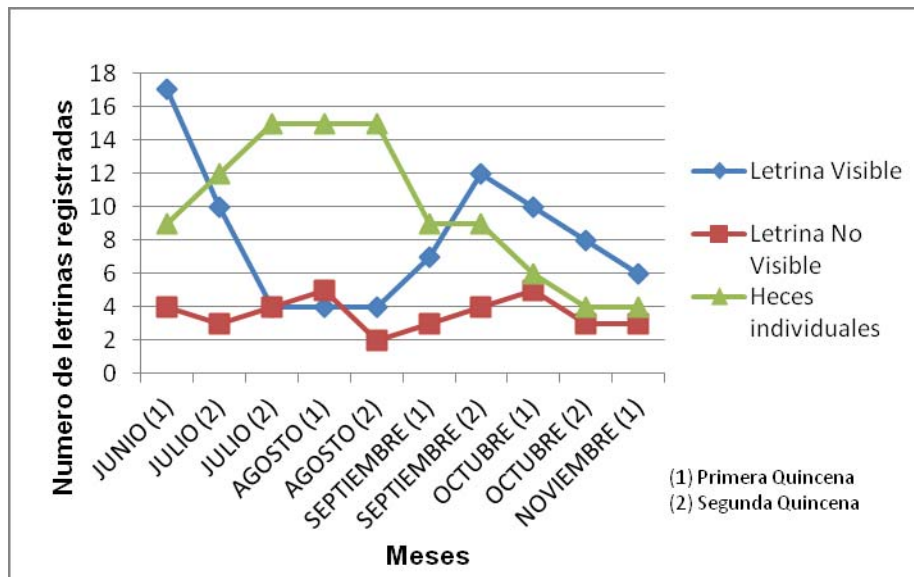


Figura 15.- Comportamiento quincenal en el número de registro de letrinas.

Aunado a los resultados anteriores, las letrinas visibles o de marcaje se presentaron con mayor frecuencia a inicios de la temporada lluviosa, mientras que las heces individuales o letrinas de no marcaje se presentaron con mayor frecuencia a mitad de la temporada de lluvias (Cuadro 2).

Cuadro 2.- Registro quincenal de los tipos de letrinas del conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*) observadas durante le época húmeda del año 2010 en el Paraje Paso de Coyotes, Parque Nacional Izta Popo, Zoquiapan, México.

	Letrina Visible	Letrina No Visible	Heces individuales	Total
JUNIO	17 *	4	9	30
JULIO (1)	10	3	12 **	25
JULIO (2)	4	4	15 **	23
AGOSTO (1)	4	5	15 **	24
AGOSTO (2)	4	2	15 **	21
SEPTIEMBRE (1)	7	3	9	19
SEPTIEMBRE (2)	11	6	8	25
OCTUBRE (1)	11	4	6	21
OCTUBRE (2)	8	3	4	15
NOVIEMBRE	6	3	4	13
Total	82	37	97	216

*Letrinas de Marcaje ** Letrinas de no marcaje

Finalmente para saber si existe una relación significativa entre los meses y la cantidad de letrinas por tipo se realizó un análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo (ANOVA). En este caso el valor observado de la "F" por las columnas (tipo de letrina) fue de 6.64 y es mayor que el valor crítico de la F (3.55), lo cual resulta significativo, sin embargo el valor de la "F" para las filas (meses) es igual a 0.57 lo cual no es significativo, porque el valor de "F" crítico fue de 2.46. En otras palabras, existe una relación significativa entre los tipos de letrinas pero no existe una relación significativa entre los meses y la cantidad de letrinas por tipo (Cuadro 3).

Cuadro 3.- Resumen del análisis de varianza de dos factores (ANOVA) entre los meses y los tipos de letrinas evaluadas del conejo zacatucho (*Romerolagus diazi*) observadas en el año 2010 en el paraje Paso de Coyotes del Parque Nacional Izta Popo, Zoquiapan.

RESUMEN	Suma	Promedio	Varianza
Tipos de letrina			
Letrinas Visibles	82	8.2	17.3
Letrinas No Visibles	37	3.7	1.3
Heces individuales	97	9.7	19.1
Total	216		
Meses			
Junio	30	10	43
Julio (1)	25	8.3	22.3
Julio (2)	23	7.67	40.3
Agosto (1)	24	8	37
Agosto (2)	21	7	49
Septiembre (1)	19	6.3	9.3
Septiembre (2)	25	8.3	6.3
Octubre (1)	21	7	13
Octubre (2)	15	5	7
Noviembre	13	4.3	2.3
Total	216		

ANÁLISIS DE VARIANZA					
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Columnas (Tipo de letrinas)	2	97.5	6.64	0.00692175	3.55
Filas (Meses)	9	8.4	0.57	0.80339806	2.46
Error	18	14.7			
Total	29				

De igual manera se realizó una prueba de correlación (Fig. 16) para saber si es significativa la relación letrinas-precipitación. El resultado de la correlación ($r=0.85962$) con una $p < 0.05$ y $n=6$ y los valores dados a la ecuación de la línea

recta ($\text{Letrinas} = 23.083 + 0.09939 \cdot \text{Precipitación}$), indica que la relación lineal predominante entre las variables es positiva. Es decir, se observa que las variables X e Y covarían lineal y significativamente.

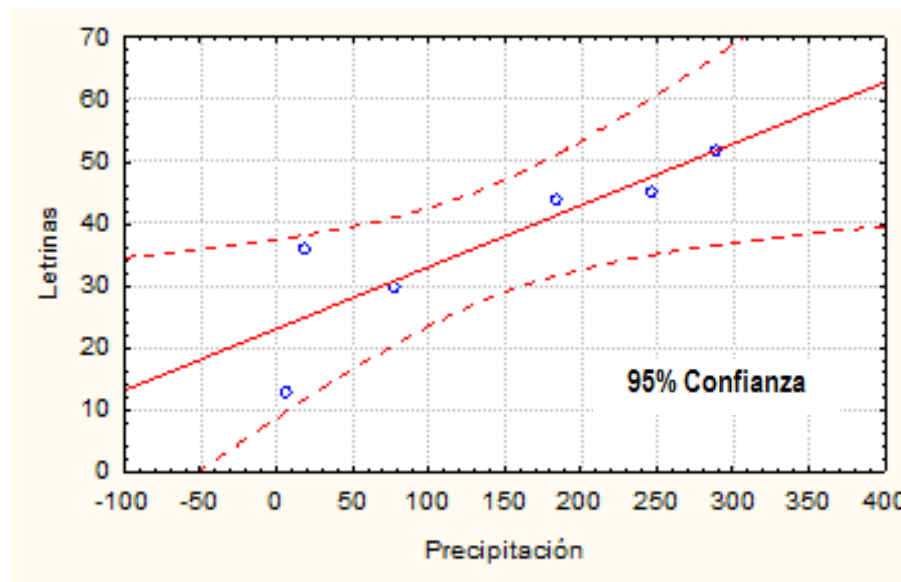


Figura 16.- Representación gráfica de la regresión entre la precipitación y el número de letrinas observadas en el Paraje Paso de Coyotes del Parque Nacional Izta Popo, Zoquiapan, durante la época húmeda del año 2010

5.1.5 Frecuencia de defecación.

Como parte del trabajo de investigación dentro de los sitios permanentes de observación se registraron 16 letrinas en tres sitios diferentes a lo largo de un transecto cuyas heces fecales fueron contadas, maceradas y removidas. Mensualmente se hicieron los registros para probar si la frecuencia en la deposición estaba relacionada con el sitio de deposición y la época del año (Cuadro 4).

Cuadro 4. Tabla de contingencia de la frecuencia de defecación y el sitio y época del año. Valores observados y valores esperados (en paréntesis) de 16 letrinas.

	Meses					
Sitio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Total
Letrina en Madriguera	23 (37.3)	26 (27.6)	43 (51.4)	58 (53.3)	46 (26.4)	196
Letrina en Sustrato	16 (20.9)	0 (15.5)	38 (28.8)	24 (29.9)	32 (14.8)	110
Letrina en Zacate	0 (24.9)	20 (18.5)	64 (34.3)	32 (35.6)	15 (17.7)	131
Total general	39	46	145	114	93	437

Así, para una seguridad del 95% ($\alpha = 0.05$) el valor crítico de una distribución ji-cuadrado con 8 grados de libertad es 15.51. En el cálculo del χ^2 se obtuvo un valor de 5,28, que supera al valor para $\alpha = 0.005$ con lo cual podremos concluir que las dos variables no son independientes, sino que están asociadas ($p < 0.005$). Por lo tanto, a la vista de los resultados, rechazamos la hipótesis nula (H_0) y aceptamos la hipótesis alternativa (H_a), es decir, la frecuencia de deposición sí depende del sitio de defecación y de la época del año.

5.2 Sitios No permanentes.

Por otra parte dentro de los sitios no permanentes se registraron 94 letrinas, de las cuales se obtuvo lo siguiente con respecto a su tipo, asociación a sitio de deposición, tamaño por extensión, categoría de edad y estado de conservación.

5.2.1 Tipos de letrinas.

Al igual que en los sitios permanentes se registraron tres tipos de letrinas: letrinas visibles (26), no visibles (16) y heces individuales (52); éstas últimas presentaron la mayor cantidad de registros, sin embargo las que presentaron mayor actividad fueron las letrinas visibles cuya continuidad en la deposición se

presentó a lo largo de todos los muestreos, a diferencia de las heces individuales cuya deposición en la mayoría de los casos fue única.

5.2.2 Sitios de deposición.

Las letrinas registradas en los sitios no permanentes, a diferencia de las registradas en los sitios permanentes, se asociaron únicamente a dos sitios: sustrato (70%) y zacatón (30%).

5.2.3 Categoría de edad de los excrementos.

Para poder inferir los individuos asociados a las letrinas se revisaron las heces fecales, y se diferenciaron visualmente basándonos en observaciones previas realizadas en campo y fotografías tomadas (Apéndice 4) así como consultando las medidas estándar de la literatura para esta especie. Esto debido a que el trabajo no pretende establecer medidas sino únicamente describir las características de cada una de éstas, en el caso de la categoría de edad de los individuos asociados a las letrinas se tomaron únicamente tres categorías: adulto, cría y combinado (cuando en una misma letrina se encontraban ambas) apoyándonos en la diferencia visual de los tamaños de heces encontradas; teniendo diferenciadas las categorías de edad, se observó que la mayoría de las letrinas fueron usadas por organismos adultos (84%) seguidas de las crías (13%) y en menor cantidad las combinadas (3%).

5.2.4. Estado de conservación de los excrementos.

Por otro lado con lo que respecta al estado de conservación de las heces encontradas en las letrinas (Apéndice 5), se registraron tres tipos: fresco (38), medio (29) y seco (27).

5.2.5 Tamaño de letrina por extensión.

De las 94 letrinas contabilizadas en los sitios no permanentes, se registró su extensión en diámetro (cm), y se obtuvo un promedio para saber cuál es la medida estándar, teniendo como resultado 27.7 cm de diámetro, este resultado no varía mucho del rango establecido de acuerdo a las observaciones previas realizadas en donde el parámetro establecido fue de 25 cm de diámetro.

5.2.6 Traslape de letrinas.

Esta característica se presentó solo en dos ocasiones a lo largo del muestreo durante la época húmeda, el traslape de letrinas se da cuando dos o más letrinas coinciden en una misma área tomando en cuenta la extensión de cada una de ellas, en este caso el traslape se presenta cuando una letrina con una extensión máxima de 25 cm de diámetro se encimaba con otra independientemente del tipo, tamaño o sitio donde se ubique (Apéndice 7).

6.- DISCUSIÓN

Las características de las letrinas del conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*) pueden resumirse en tres descripciones importantes: tipo, tamaño y sitio de deposición; a partir de éstas podemos inferir usos y su relación con la especie; así mismo estos parámetros se relacionan con variables como el clima, y en el caso de estudios más concretos con patrones de abundancia e incluso comportamiento.

6.1 Tipos de letrinas.

Cada uno de los sitios de deposición cuenta con características muy diferentes, las cuales al identificarlas podremos describir una letrina como tal; para poder realizarlo, se agruparon dichos sitios de acuerdo a los diferentes tipos de deposición y que ayudaron a distinguir entre una “letrina” y “heces individuales”.

Pigozzi (1989) definió una letrina como el lugar donde al menos una pelotilla es encontrada durante un muestreo mensual; Wemmer y Monali en 1988, afirmaron que las letrinas son áreas específicas que se usan repetidamente para la defecación. De acuerdo a los resultados obtenidos y a las observaciones de campo, una letrina es el sitio donde se encuentra al menos una pelotilla y se usa continuamente para la defecación.

Gorman y Trowbridge (1989) afirman que las letrinas de conejo tienen que ser detectables por los individuos que conforman la colonia y por los de las colonias vecinas. La función de las letrinas es múltiple y, como en otros mamíferos, la respuesta de otros individuos a ese compendio de marcas va a depender del contexto, de la experiencia anterior y del estatus del receptor.

En el caso del conejo zacatuche, las letrinas visibles y no visibles presentaron características similares; por su ubicación y abundancia así como su constante actividad, podrían ser consideradas letrinas de marcaje, lo que sugiere

que al encontrarlas en sitios específicos uno de los usos que se les infiere es el de acarrear información olfatoria, de ahí su importancia; las heces individuales son consideradas también letrinas, sin embargo debido a su ubicación, cantidad de heces y a que su actividad no es continua se les consideraría como letrinas de paso o de no marcaje.

El registro máximo de letrinas dentro del área de estudio se dio en el mes de junio y el mínimo en el mes de noviembre, las heces individuales fueron las que se registraron mayormente, en todos los meses. De las 216 letrinas registradas únicamente 167 se mantuvieron activas a lo largo del muestreo, esto significa que ninguna de ellas presentó alteraciones ambientales o antropogénicas, y que registraron en cada revisión deposiciones nuevas.

6.2 Correlación con la precipitación (Variación estacional).

Estudios en especies de lagomorfos como *Oryctolagus cuniculus* y *Sylvilagus aquaticus* han demostrado que el efecto de temporada es una característica primaria de las letrinas, al encontrar un mayor número de excrementos en cierta época del año; eso se ha visto reflejado en el incremento o disminución de la detección de excrementos (Zollner, *et al.*, 1996). En este estudio aunque no existe una relación significativa entre los meses y los tipos de letrinas registradas, si existe una correlación significativa entre la precipitación (mm) y el número de letrinas registradas, esto se vio reflejado en el decremento a la hora de detectar letrinas a principio, durante y al final de las lluvias; esto se complementa con el estado de conservación en que fueron encontradas las heces fecales y la cantidad de excrementos que componen cada uno de los tipos de letrinas; lo que ayuda a inferir que pasada la época húmeda la especie tiende a disminuir su actividad. Por lo tanto la precipitación en este caso en particular se presenta como un variable determinante de las características biológicas de las letrinas del conejo zacatuche, dada la correlación existente entre la precipitación y la cantidad de letrinas registradas.

6.3 Asociación a sitios de deposición.

La ubicación de las letrinas es una característica esencial para inferir cual es su función, dependiendo del sustrato donde se ubique nos podrá decir si es una letrina de uso común o si podría tener otro tipo de función. Monclús y De Miguel (2003) en un estudio sobre la distribución espacial de las letrinas por parte de los conejos *O. cuniculus* demostraron que éstos recurren a una imagen de búsqueda para seleccionar los mejores emplazamientos de sus letrinas, aquélla puede ser utilizada a efectos prácticos para determinar las zonas más apropiadas para la especie, y para las actuaciones subsiguientes; en el caso de este estudio, y de acuerdo a los resultados obtenidos para los sitios asociados a la deposición se infiere que *Romerolagus diazi*, también selecciona los mejores lugares para sus letrinas de acuerdo a la señal que quiere transmitir, y de ahí que se encontraran como ya lo mencioné anteriormente tres tipos diferentes de letrinas, cada una de ellas asociadas a sitios diferentes, destacando el piso, la tierra y el zacatón como los principales lugares de defecación.

Las características relacionadas con la ubicación de las letrinas y la incidencia en el sustrato y zacate como sitios de mayor deposición, no fueron sorprendente dado lo documentado que esta la tendencia de *Romerolagus diazi* a depositar sus heces en el mismo lugar donde se alimenta como lo es en la base (piso) o bajo la cobertura de los zacatones (Cervantes y Martínez, 1996). Con respecto a los otros 4 tipos de sustrato, en otros mamíferos de mayor porte la mayoría de las marcas territoriales se localizan en cruces de camino (Robinson y Delibes 1988, Barja et al. 2000); en el caso del conejo zacatucho, que no utiliza habitualmente caminos o pistas para desplazarse sino veredas o corredores (caminos formados por el paso de los conejos), éstos equivaldrían a los cruces de camino concordando con patrones de uso de claros utilizados por *O. cuniculus* (Monclús y De Miguel; 2003), con respecto a las madrigueras su uso no es muy alto debido a la amenaza que representaría el emplearlas de manera continua, dada la información olfatoria que acarrean, son un atrayente para sus depredadores e implica un riesgo muy alto; finalmente con respecto al uso de

rocas y troncos son sitios cuya incidencia fue baja probablemente debido a las características del hábitat, pues forma parte del ecotono de una zona boscosa y el zacatonal y las rocas y troncos son escasos.

6.4 Tamaño de letrinas por conteo de heces fecales.

Este método se estableció en los años 40 del siglo XIX en los Estados Unidos para ungulados silvestres como venado cola blanca, venado bura y wapití; el supuesto general del mismo es la acumulación general de los grupos de heces fecales y toma como base la producción diaria de grupos fecales por individuo (Neff, 1968).

En este estudio la producción diaria de heces fecales permitió establecer dos tipos diferentes de tamaño de letrinas de acuerdo a la cantidad de excretas depositadas durante los muestreos (letrinas grande y pequeñas); las letrinas grandes o visibles, son consideradas letrinas de marcaje debido a su especificidad y su continuo uso así como la abundancia de heces fecales, mientras que las letrinas pequeñas son consideradas letrinas de paso, de ahí la razón que se encuentren en mayor cantidad, pues no juegan un papel importante, como sería el de transmitir señales olfatorias por lo tanto su deposición no es continua sino esporádica.

6.5 Tamaño de letrinas por Extensión.

Zollner *et al.* (1996) consideraron el área entera definida por las pelotillas exteriores como un sitio para ser una letrina; así mismo todas las pelotillas a 1m de cualquier otra pelotilla, era considerada parte de la misma letrina. En este estudio se logró establecer un promedio de la extensión en diámetro de las letrinas del conejo zacatuche, lo que permite en campo lograr distinguir de manera sencilla donde empieza o donde termina una letrina, así como reconocer de manera fácil y practica el traslape de letrinas.

Aunada a la información presentada, existen otras características de importancia que describen mejor una letrina, éstas se refieren a las características de los excrementos que las conforman y que complementan la descripción general.

6.6 Categoría de edad de los excrementos.

Los conejos utilizan de forma continuada un gran número de letrinas, aunque no visitan todas diariamente. Esto se desprende de la distribución de las clases de edad de los excrementos (Monclús y De Miguel, 2003). Las letrinas más visitadas fueron aquéllas que contenían excretas de cría y adulto, y que por tanto indican un uso no exclusivo de los individuos adultos o dominantes. La mayor parte de las letrinas estuvieron formadas por excrementos de clase adulta.

Aunque no se pretendía establecer medidas estándares, basándome en la literatura y en diferencias visuales observadas en campo, los excrementos mayores de 5 mm corresponden casi inequívocamente a adultos típicos y también se encontraron deposiciones mucho más pequeñas que indiscutiblemente corresponden a crías, con lo que se infiere el uso no exclusivo.

Finalmente dentro de esta misma evaluación las deposiciones de la clase adulta fueron significativamente mayores que las crías, sin embargo a pesar de la baja frecuencia de deposición de las crías, se desechó la hipótesis de que éstas no salen de sus madrigueras sino hasta cuando son juveniles, esto se comprobó gracias a los registros fotográficos de las letrinas que se realizaron, y donde se muestran incluso letrinas que presentan únicamente deposiciones correspondientes a crías.

6.7 Estado de conservación de las letrinas.

Mykytowycz y Gambale (1969) en un estudio sobre la distribución y el uso de las letrinas por parte de los conejos demostraron que había cierta preferencia por

algunas letrinas, y por lo tanto las visitaban más, sobre todo los individuos dominantes. En este estudio, las letrinas más visitadas o activas fueron aquellas que contuvieron mayormente deposiciones frescas y cuya actividad fue continua a lo largo de los meses, esto se vio reflejado por la gran cantidad de excretas depositadas, y que por tanto indicaron un uso prolongado.

Las características visuales, se distinguieron fácilmente durante las observaciones en campo; tomando en cuenta lo anterior el mayor número de heces encontradas dentro de las letrinas, presentó un estado de conservación fresco, lo que indica la constante actividad de los conejos con respecto a sus áreas de defecación.

6.8 Frecuencia de defecación.

La mayor frecuencia de defecación se presentó en el sustrato, seguida de las categorías zacate y madriguera; sin embargo esta última presentó la mayor cantidad de heces durante todo el tiempo de muestreo, aunado a esto si se comparan los valores de las frecuencias esperadas con la de las frecuencias observadas tenemos que la correlación es evidente, por lo que la frecuencia de deposición si está dada por el lugar en donde se deposite y la época del año.

Aunado a los resultados presentados con respecto a la frecuencia de deposición, éste método ayudó a inferir que la limpieza de las heces, no altera la letrina, debido a que solamente se barren las heces depositadas más recientemente y permiten el conteo de las nuevas heces depositadas; es decir se remueven las heces pero la letrina no desaparece. El barrido y las nuevas deposiciones encontradas con frecuencia en gran cantidad infieren que este barrido estimula la nueva deposición, pues remueve las señales olfatorias que pudieran contener sin que esto represente la desaparición de la letrina.

6.9 Usos de las letrinas.

Finalmente basada en las observaciones y descripciones sobre las características de las letrinas del conejo zacatuche y el efecto de la temporada sobre las mismas, permitieron inferir algunos usos o papeles importantes que desempeñan:

Transmisión de información olfatoria: Particularmente se puede decir que existen dos tipos de letrinas y cada una presenta características diferentes, las letrinas visibles y grandes son conocidas como letrinas de marcaje, cuya información puede advertir a los miembros de la colonia, sobre la edad, sexo y condición reproductiva, de ahí que se presenten en mayor cantidad y permanezcan activas la mayor parte del tiempo; por otro lado las heces individuales son letrinas de no marcaje porque las excretas que la conforman no transmiten información sexual proveniente de la glándula anal.

Marcas territoriales: Encontrar letrinas en continua actividad y con presencia de excretas de clase adulta, permite inferir que muchas de las letrinas junto con la información olfatoria que acarrearán con respecto a su condición reproductiva, también permiten advertir sobre dominancia y/o jerarquía social; como en el caso de algunos carnívoros, los machos dominantes hacen uso de las excretas para informar a miembros de otras colonia sobre su territorio; pero se infiere que dentro de la misma colonia no existe un uso exclusivo por machos dominantes al encontrar en una letrina grande excretas de diferentes tamaños y clases de edad; en el caso en donde las letrinas se componen de excretas de adulto y crías, también se infiere que se trata de hembras con crías que depositan información social a otras hembras e incluso a los machos, por lo cual no se duda que en general las letrinas evaluadas en este estudio pertenezcan a una misma colonia.

Defensa: Además de su papel en la demarcación territorial y transmisión olfatoria, las letrinas podrían desempeñar un papel en la defensa de los compañeros miembros de la misma colonia advirtiendo a los machos

residentes de defender a las hembras residentes y disuadir a los individuos de otras colonias de entrar en su territorio con fines de apareamiento. Esta hipótesis de la defensa de compañeros va muy relacionada con las diferencias estacionales y condición reproductiva que definan el uso de letrinas.

Las inferencias anteriores concuerdan con algunas realizadas por Zollner et al. 1996, en su estudio con el conejo de pantano (*Sylvilagus aquaticus*), al inferir que la probable función de las letrinas es el intercambio de información olfatoria y que el sitio de deposición así como la temporada influye significativamente en dicha función, aunque aclara que la información olfatoria no necesariamente está relacionada con territorialidad o con la reproducción.

7.- CONCLUSIONES

Las características de las letrinas de *Romerolagus diazi* como se propuso en la hipótesis, sí presentan atributos particulares que pueden variar de acuerdo a la estacionalidad, aportan información muy valiosa que ayuda no solo a entender aspectos básicos de su biología, sino en particular a entender la estructura de las letrinas y la relación con su comportamiento.

En el caso particular del conejo zacatuche las letrinas se relacionan directamente con la temporada, el sitio de deposición, el tipo de letrina y el tamaño, atributos particulares que ayudan a definir las e identificarlas, por lo que en estudios posteriores se recomienda asegurarse de tomar estas características como base para su análisis.

Los conejos recurren a dos tipos de letrinas (letrinas de marcaje-visibles y letrinas de no marcaje-heces individuales) y los usos que se les pueden atribuir a éstas coinciden con las letrinas de otras especies de mamíferos, y concretamente con la de otros lagomorfos. La transmisión de información olfatoria resulta ser el uso más acertado, sin embargo aun falta recopilar información para poder comprobar esta hipótesis y definir las múltiples funciones que éstas pueden tener.

Finalmente conocer la estructura y las características de las letrinas puede servir a efectos prácticos para identificar zonas predominantes para el establecimiento y uso de letrinas por parte de la especie, que ayuden a entender no solo su comportamiento sino aspectos biológicos básicos contribuyendo a un mejor manejo y conservación de la especie.

Apéndice 1. Tipos de letrinas del conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*) observadas en la época húmeda del año 2010 del paraje Paso de Coyotes en el Parque Nacional Izta Popo, Zoquiapan

Letrinas Visibles



Letrinas No Visibles



Heces individuales



Apéndice 2. Diferencias visuales del hábitat del conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*) observadas durante la época húmeda en el año 2010 en el paraje Paso de Coyotes del Parque Nacional Izta Popo, Zoquipan, México.



Pre- Lluvia.



Lluvia.



Post- Lluvia

Apéndice 3. Sitios asociados a la deposición de heces fecales del conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*) observadas en la época húmeda del año 2010 en el paraje Paso de Coyotes, del Parque Nacional Izta Popo Zoquiapan, México.



Corredor



Madriguera



Roca



Sustrato

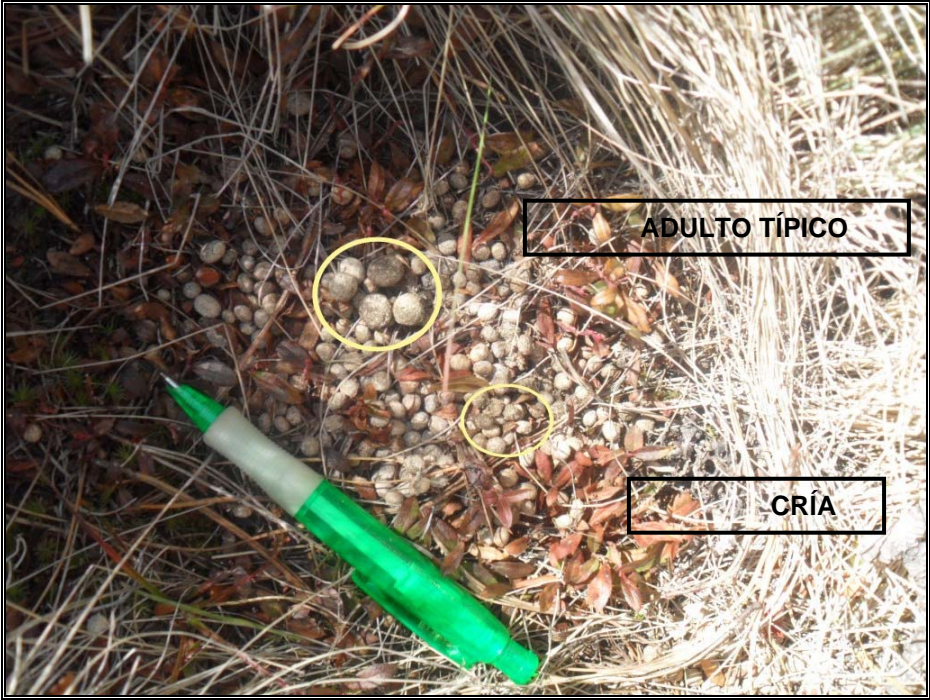


Tronco



Zacate

Apéndice 4. Diferencias visuales en los tamaños de las excretas de los individuos asociados a las letrinas observadas en la época húmeda del año 2010 en el paraje Paso de Coyotes, en el Parque Nacional Izta Popo, Zoquiapan, México.



Apéndice 5. Diferencias visuales en el estado de conservación de las heces de las letrinas observadas en la época húmeda del año 2010 en el paraje Paso de Coyotes, en el Parque Nacional Izta Popo, Zoquiapan, México.



Excretas frescas



Excretas secas

Apéndice 6. Diferencias visuales en las heces de uno de los sitios asociados a la deposición en las letrinas observadas en la época húmeda del año 2010 en el paraje Paso de Coyotes, en el Parque Nacional Izta Popo, Zoquiapan, México.



Junio



Julio (1)



Julio (2)



Agosto (1)



Agosto (2)



Septiembre (1)

Continuación Apéndice 6.



Septiembre (2)



Octubre (1)

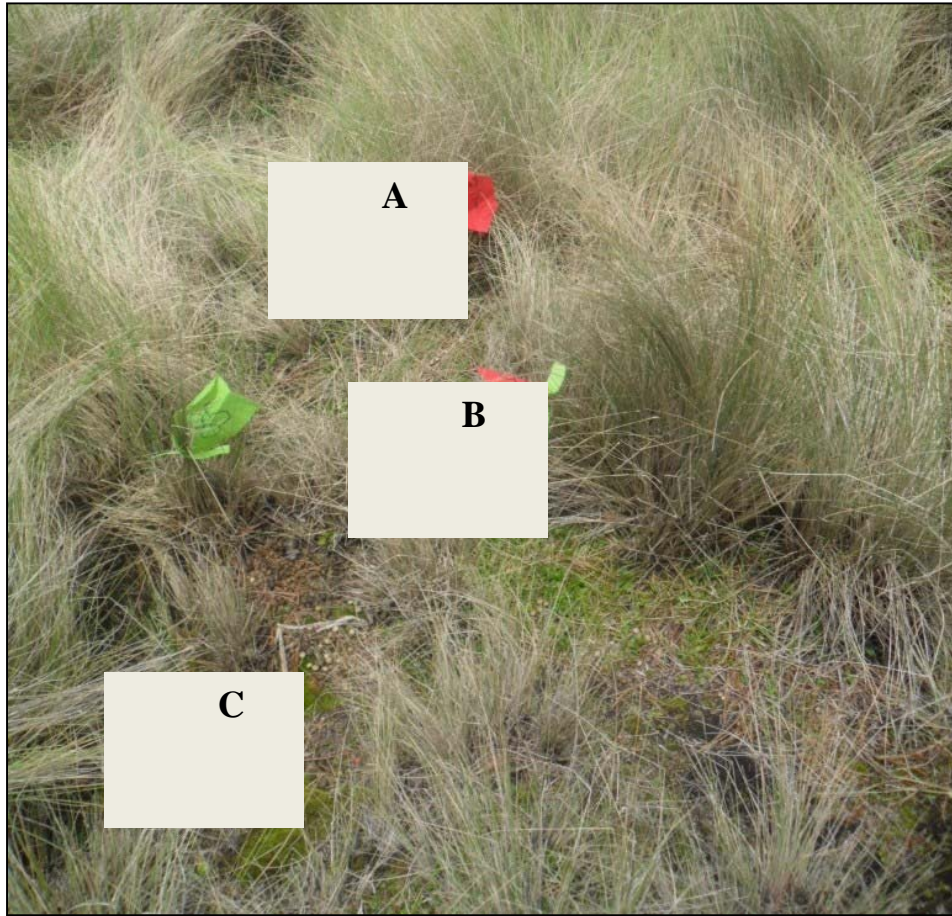


Octubre (2)



Noviembre (1)

Apéndice 7. Representación visual del traslape de 3 letrinas diferentes del conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*).



Literatura Citada.

Aranda, M. (1981). Rastros de los mamíferos silvestres de México. Manual de Campo. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa, Veracruz. 198 pp.

Asociación Mexicana Para la Conservación y Estudio de los Lagomorfos A. C. (AMCELA). (2003). Sobre el World Wide Web
<http://www.ibiologia.unam.mx/amcela/diazi.html>

Bell, D.J., J. Hoth, A. Velazquez, F.J. Romero, L. León y M. Aranda. (1985). A survey of the distribution of the volcano rabbit *Romerolagus diazi* an endangered Mexican endemic", Dodo Journal of Jersey Wildlife Preservation Trust International, 22: 12-18.

Begg, C. M., Begg, K. S., Du Toit, J. T. and Mills, M. G. L. (2003), Sexual and seasonal variation in the diet and foraging behaviour of a sexually dimorphic carnivore, the honey badger (*Mellivora capensis*). Journal of Zoology, 260: 301–316

Boonstra, R., C. J. Krebs, and A. Kenney. 1996. Why lemmings have indoor plumbing in summer. Canadian Journal of Zoology 74:1947–1949.

Ceballos, G. y J.H. Brown. (1995). Global patterns of mammalian diversity, endemism, and endangerment. Conservation Biology 9:559-568.

Cervantes Reza, F. A. (1980). Principales características biológicas del conejo de los volcanes *Romerolagus diazi*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F., 137 pp.

Cervantes Reza., y C. González. (1979). Los conejos y liebres silvestres de México. Pp. 17-25, in Ecología y Conservación del Conejo Zacatuche y su hábitat. (A. Velázquez, F. Romero y J. López-Paniagua). Ediciones Científicas

Universitarias, Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo de Cultura Económica, México.

Cervantes Reza, F. A., C. Lorenzo y R. S. Hoffman. (1990). "*Romerolagus diazi*", Mammalian species, 360: 1-7.

Cervantes Reza, F. A. y V. Martínez. (1996). Historia Natural del conejo zacatuche o teporingo. Pp. 29-40, in Ecología y Conservación del Conejo Zacatuche y su hábitat. (A. Velázquez, F. Romero y J. López-Paniagua). Ediciones Científicas Universitarias, Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo de Cultura Económica, México.

Cervantes Reza, F.A. y A. Romero-Palacios. 2009. Los conejos y liebres silvestres orgullosamente mexicanos, Especies 18(5): 16-23.

Cochran, G.A. y H.J. Stains. 1961. Deposition and decomposition of fecal pellets by cottontails. The Journal of Wildlife Management, 25: 432-435.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2009. Sobre el World Wide Web: <http://iztapopo.conanp.gob.mx/descripcion.php>.

Davis, E. 1987. Handbook of census method for terrestrial vertebrates. CRC-Press, Boca Ratón, Florida U.S.A. 397 pp.

Eisenberg, J.F. 1980. The density and the biomass of tropical mammals. In: Soulé, M.E and B.A. Wilcox (Eds.). Conservation Biology; an evolutionary ecological perspective. Sinauer Associates INC. pp 35-55.

Gilbert, K. A. 1997. Red howling monkey use of specific defecation sites as a parasite avoidance strategy. Animal Behaviour 54:451–455.

González, J.G. P., Valdés, G. C., Arciniega, A., y Pérez, S. A. 1997. A las faldas del Volcán Popocatepetl. *Elementos* 30: 41-45.

Gorman, M. L., and B. J. Trowbridge. 1989. The role of odor in the social lives of carnivores. Pp. 57–88 in *Carnivore behavior, ecology, and evolution* (J. L. Gittleman, ed.). Cornell University Press, Ithaca, New York.

Hoth, J., A. Velázquez, F. J. Romero, L. León, M. Aranda y D. J. Bell. 1987. “The volcano rabbit: a shrinking distribution and a threatened habitat”, *Oryx*, 21: 85-91.

Instituto Nacional de Ecología (INE) 2007. Sobre el World Wide Web:
<http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/7/familia.html>

Irwin T. M., K. E. Samonds, J. Raharison and P.C. Wright. 2004. Lemur latrines: observations of latrine behavior in wild primates and possible ecological significance. *Journal of Mammalogy*, 85(3):420–427.

Kruuk, H. 1989. Spatial organization and territorial behavior of the European badger (*Meles meles*). *Journal of Zoology* (London), 184: 1-19.

Martínez Vásquez, J. y F.A. Cervantes Reza. 1987. Variación estacional de la dieta de zacatuche o teporingo, *Rommerolagus diazi* (*Mammalia: Lagomorpha*)”, Simposio Internacional sobre Mastozoología Latinoamericana, Asociación Mexicana de Mastozoología A.C. y American Society of Mammalogists. U.S.A., México.

Mittermeier, R. A., P. Robles G. y C. Goettsch de M. 1997. Megadiversidad. Los países biológicamente más ricos del mundo. Agrupación Sierra Madre, S.C. México Distrito Federal.

Monclús R. Y F. J. De Miguel. 2003. Distribución espacial de las letrinas de conejo (*Oryctolagus cuniculus*) en el Monte de Valdelatas (Madrid). *Galemys* 15, (No. Especial).

Mykutowycz, R. y S. Gambale. 1969. The Distribution of dung-hills and the behaviour of freelifving Wild Rabbits, *Oryctolagus cuniculus* (L.), in *Forma et functio*, 1: 333-349.

Neff, D.J. 1968. The pellet group count technique for big game trend, census and distribution: a review. *Journal of Wildlife Management*, 32: 597-614.

Oakwood, M. (2002), Spatial and social organization of a carnivorous marsupial *Dasyurus hallucatus* (Marsupialia: Dasyuridae). *Journal of Zoology*, 257: 237–248.

Pigozzi G. 1989. Latrine use and the function of territoriality in the European badger (*Meles meles*) in a Mediterranean coastal habitat. *Animal Behaviour*, 39: 1000-1002.

Romero, F. J. y J. López-Paniagua. 1991. Estudios sobre la descripción de los patrones de uso de hábitat de *Romerolagus diazi* en el volcán Pelado”, Resumen 62, I Congreso Nacional de Mastozoología., AMMAC, A.C., 7-9 de noviembre, Xalapa, Veracruz, México, pp. 36-37.

Schauber, E. M., P. D. Scharine, C. K. Nielsen y L. Rubert. 2008. An Artificial Latrine Log for Swamp Rabbit Studies. *Journal of Wildlife Management* . 72(2): 561-563.

Sneddon, I.A. 1991. Latrine use by the European rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *Journal of Mammalogy*, 72 (4): 769-775.

Stevens S. S. and T. L. Serfassi. 2008. Visitation Patterns and Behavior of Nearctic River Otters (*Lontra canadensis*) at Latrines. *Northeastern Naturalist*. 15(1):1–12

Velázquez, A. 1993. Landscape Ecology of Tláloc and Pelado volcanoes, México. ITC Journal Publications, Enschede, 16:152.

Wemmer, C. y R. Montali. 1988. Latrine use and the subcaudal gland of brow-antlered deer (*Cervus eldi thamin*) Journal of Mammalogy, 69: 815-818.

Woodroffe, G. L. y J. H. Lawton. 1990. Patterns in the production of latrines by water wolves (*Arvicola terrestris*) and their use as indices of abundance in population surveys. Journal of Zoology (London), 220: 439-445.

Zollner, P. A., W. P. Smith, y L. A. Brennan. 1996. Characteristics and adaptive significance of latrines of swamp rabbits (*Sylvilagus aquaticus*). Journal of Mammalogy, 77:1049–1058.