



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

**Establecimiento de áreas prioritarias para la conservación de
Romerolagus diazi en el cerro de Humixtlahua Santa Rita
Tlahuapan, Puebla**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A:

VIOLETA CONTRERAS RODRÍGUEZ

DIRECTORA DE TESIS:

M. EN C. NICTÉ RAMÍREZ PRIEGO

ASESORA:

M. EN C. MARÍA BEATRIZ MARTÍNEZ

ROSALES



2015

México, D. F.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

En el transcurso de mi paso por este mundo he de agradecer a muchas personas que han contribuido a encontrarme en este momento de mi vida, concluyendo un escalón y preparando el ascenso del siguiente.

A mi directora M. en C. Nicté Ramírez Priego por la dirección de la presente tesis, por los conocimientos y consejos brindados en el curso de mi formación profesional y personal, a la M. en C. María Beatriz Martínez Rosales por el tiempo, conocimiento y apoyo en el desarrollo de la presente investigación.

A los ejidatarios de Santa Rita Tlahuapan, Puebla, especialmente al Sr. Gregorio Magollan, Sr. Hector Magollan, Sr. Jesús y familia por todo el apoyo, tiempo y atenciones que hicieron posible el desarrollo del trabajo, a ellos por poseer el interés de conservar la naturaleza, la biodiversidad y sus recursos naturales, inquietud que pocos comparten, los ha llevado a grandes logros y deseo nunca olviden.

A mi madre Guadalupe Rodríguez Vera por su apoyo en todo momento, por escucharme, por estar al pendiente de mí, por darme esa fuerza que en ocasiones se va, a mi padre Lorenzo Contreras Martínez por sus enseñanzas, valores, ética, consejos, a mis hermanos Rosario de María y Eric Lorenzo por su apoyo, abrazos, tiempo, para ellos infinitas gracias.

A una persona muy especial que llego a mi vida cuando más lo necesitaba, Susana Medina Ávalos, quien me proporciono su ayuda profesional, tiempo, apoyo en todos los aspectos, un conocimiento invaluable que me ayudo a dirigir mi camino, a crecer, a ella quien ha sido un pilar en mi vida, infinitas gracias.

A todos mis profesores por sus conocimientos, tiempo y dedicación.

A tí Berny por esa capacidad de hacerme reír en los momentos difíciles, por tu cariño, apoyo, tiempo y paciencia. A mis amigos de la Facultad, Alejandra, Patricia, David, Ángel, Abigail, Mitzí, Saúl, Arleen, Rosa, Elizabeth, por compartir sus conocimientos, por los días de desvelo, estudio, angustias, risas, confidencias, sueños. A mis queridos amigos que la vida me ha dado el gusto de conocer Fernando Sánchez, David Fabela, Karina Quehuleño, Brizía, Doroteo Santos, ayudándome en momentos clave, a todos ellos gracias por su amistad.

ÍNDICE

ÍNDICE	3
RESUMEN	4
INTRODUCCIÓN	5
MARCO TEÓRICO	7
Áreas de conservación	7
El concepto de Nicho Ecológico y Hábitat	9
Modelo de Unidad de Hábitat Óptimo	11
BIOLOGÍA, ECOLOGÍA Y CONSERVACIÓN DE <i>Romerolagus diazi</i>	13
Clasificación taxonómica y filogenia	13
Descripción	14
Ecología	15
Uso de hábitat	17
Distribución Histórica	18
Distribución actual	21
Esfuerzos de conservación	23
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	25
HIPÓTESIS	26
OBJETIVO GENERAL	26
OBJETIVOS PARTICULARES	26
ZONA DE ESTUDIO	26
Cerro Humixtlahua	26
MÉTODO	28
Método indirecto de conteo de excretas y letrinas	28
Generación del Modelo de Unidad de Hábitat Óptimo	30
Perturbación Antropogénica	34
RESULTADOS	35
Densidad Absoluta	35
Modelo de Unidad de Hábitat Óptimo para <i>Romerolagus diazi</i>	36
Calidad de hábitat del Cerro Humixtlahua	39
Identificación de área prioritaria para la conservación	43
DISCUSIÓN	48
Densidad absoluta	48
Modelo de Unidad de Hábitat Óptimo para <i>R. diazi</i>	50
Calidad del hábitat del Cerro Humixtlahua	52
Identificación de área prioritaria para la conservación	53
CONCLUSIONES	56
LITERATURA CITADA	57

RESUMEN

Romerolagus diazi es un conejo endémico de México que posee una distribución restringida en la Franja Transvolcánica Mexicana, habita en bosques de pino con zacatonal, lugares que están siendo severamente amenazados por actividades antrópicas, a consecuencia es listado en peligro de extinción en la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010). Siendo necesario establecer nuevas áreas protegidas como una estrategia de conservación. El estudio se realizó en el Cerro Humixtlahua que se localiza dentro del Ejido de Santa Rita, Tlahuapan, donde se registro la presencia de teporingo, se calculó la densidad absoluta de la población y se hicieron dos muestreos estacionales registrando los atributos del hábitat mínimos indispensables, se genero el Modelo de Unidad de Hábitat Óptimo con el SIG ArcView 3.2, utilizando los atributos del hábitat (tipo de vegetación, altitud, pendiente, exposición) incluyendo un valor de presión antropogénica (Vp) y calculando el Índice de calidad de hábitat (HSI), también se utilizaron los software ArcMap, gvSIG y MapWindow para realizar algunos procesos y obtener los mapas de salida. Los resultados mostraron que el HSI del Cerro Humixtlahua es 0 es decir que es un hábitat inapropiado, sin embargo con el modelo fue posible identificar otra área dentro del Ejido con un HSI de 0.50-0.67 (media calidad). Para validar el modelo se hizo un recorrido en la zona predicha, ésta presentó una vegetación de pino con zacatonal, elevación entre 3000 a 3500 msnm, pendiente de 20° a 30°, orientaciones sur y sureste, alejado de caminos, zonas de pastoreo y agricultura, confirmando la presencia del teporingo, esta área colinda con el Parque Nacional Izta-Popo, por lo que es un área prioritaria para la conservación de la especie en el Ejido de Santa Rita Tlahuapan.

INTRODUCCIÓN

México es considerado un país megadiverso por la riqueza y alto número de especies de flora y fauna que alberga en su territorio (Iloldi *et al.*, 2008). Se estima que en el país se encuentra entre un 10 y 12% de las especies conocidas (Pérez, 2010). Sin embargo la elevada tasa de deforestación aunada con el cambio de uso de suelo impacta negativamente la biodiversidad, e impone la necesidad de mejorar las estrategias de conservación que se han venido realizando en nuestro país y contribuir en la investigación que aporte datos para la planificación de la conservación (Sánchez-Cordero *et al.* 2008).

En la Franja Transvolcánica confluyen las zonas biogeográficas Neártica y Neotropical lo que provee a esta región de una gran riqueza de fauna y una gran concentración de mamíferos endémicos (Koleff y Urquiza Haas, 2011). Se han registrado un total de 16 familias de mamíferos, 36 géneros y 52 especies, lo cual representa el 30% del total de mamíferos del país; en esta zona se encuentran habitando 10 especies endémicas, una de ellas es *Romerolagus diazi*, un peculiar Lagomorfo (Velázquez *et al.*, 2011).

El hábitat de *Romerolagus diazi* está restringido a las zonas altas de la parte central de la Franja Transvolcánica (Ceballos *et al.*, 1998), a una altitud de 2800-4250m; habitando en los bosques de pino (*Pinus* sp.) con presencia de zacates amacollados (*Muhlenbergia* sp.) (Cervantes *et al.*, 1990). Este ecosistema es severamente amenazado debido a su proximidad con la Ciudad de México, una de las tres ciudades más grandes del mundo y por ende la extensión constante de la zona urbana, además de actividades de cultivo y pastoreo, cambio de uso de suelo, deforestación e incendios (Velázquez *et al.*, 1996a, Velázquez *et al.*, 1996b). Como consecuencia esta especie se enlista en la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010), como en peligro de extinción (P), la Unión para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) lo ubica en peligro (EN) y la Convención sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) lo incluye en el Apéndice I (Pérez, 2010).

Aunque la mayoría de las poblaciones registradas de la especie se encuentran dentro del Parque Nacional Izta-Popo, Zoquiapan y Anexas, e incluso la mayoría de los estudios se han realizado dentro de Áreas Naturales Protegidas ANPs, la fragmentación del hábitat, el aislamiento de sus poblaciones y en consecuencia el riesgo de extinción no se han podido detener.

Por este motivo es necesario replantear las estrategias llevadas a cabo para la protección del zacatuche y considerar que las actividades de conservación de la biodiversidad no son actividades realizadas únicamente dentro de ANPs, involucrando a la sociedad y brindando herramientas para conservar la diversidad en paisajes rurales, este esquema de planeación representa una estrategia para la gestión integrada de tierras, agua y recursos vivos al promover la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad (Lozano-Zambrano, 2009).

El Ejido de Santa Rita Tlahuapan alberga remanentes de vegetación y especies únicas, dentro del territorio del Ejido se encuentra el Cerro Humixtlahua donde se registro la presencia de *Romerolagus diazi* (Bellido *et al.*, 2013), pero esta región está sujeta a fuertes presiones ambientales siendo las principales actividades productivas agropecuarias y forestales (Lara, 2010), sin embargo, no se conoce la distribución del teporingo dentro del bosque del Ejido por lo que es necesario hacer una evaluación de los atributos del hábitat necesarios para la especie e identificar las áreas prioritarias de conservación.

Esta propuesta quiere contribuir con las estrategias que se requieren para el manejo y conservación esta especie carismática, considerando que la conservación de la biodiversidad no se contrapone a la satisfacción de las necesidades de la población humana (Fuller *et al.*, 2006) y sobre todo proporcionando el apoyo a los ejidatarios que están interesados en la conservación del teporingo en su Ejido tomando la iniciativa con la intención de saber si el conejo aún estaba presente en el bosque ya que hacía años que no lo veían y brindando las posibilidades para llevar a cabo el presente estudio.

MARCO TEÓRICO

Áreas de conservación

En México las Áreas Naturales Protegidas se remontan a finales del siglo XIX, sin embargo muchas de ellas fueron elegidas por su belleza escénica o de forma oportunista, sin una evaluación que asegurara una adecuada representación de la biodiversidad, por diversas razones no han sido del todo efectivas para frenar el deterioro ambiental, ya que están enfocadas en ecosistemas con menor valor ecológico (Koleff y Urquiza-Haas 2011, Koleff *et al.*, 2012, Koleff *et al.*, 2007).

Una de las herramientas tradicionales para conservar las especies silvestres ha sido resguardarlas en Áreas Naturales Protegidas, tales como parques y reservas (Herrera y Finegan, 2008); suponiendo que el disponer de superficies con una intervención humana mínima sería adecuado para mantener la composición, estructura y funcionamiento de la biodiversidad (Simonetti, 2006; Razola *et al.*, 2006).

En el año 2004 se inicio un estudio sistemático para identificar áreas de importancia para la conservación y el análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad coordinado por la CONABIO y CONANP (Koleff *et al.*, 2007). Los resultados de los análisis de vacíos y omisiones muestran que a pesar de que las áreas protegidas se han incrementado sustancialmente y desempeñan un papel central en la conservación, no son suficientes para conservar una porción que pueda definirse como representativa de la biodiversidad en todos los niveles para México (Koleff *et al.*, 2007; Koleff y Urquiza-Haas, 2011; Halffter, 1995).

Si bien son una estrategia central para conservar la biodiversidad con un marco legal robusto, es fundamental fortalecerlo con un conjunto diversificado y complementario de otros instrumentos de conservación para asegurar la permanencia y funcionamiento de los ecosistemas, sus servicios y la mayoría de sus especies (Koleff *et al.*, 2007; Albarrán, 2005).

Una alternativa para conservar biodiversidad efectivamente, es disponer de nuevas áreas silvestres para su protección, es fundamental la creación de reservas dinámicas formadas por conjuntos de paisajes diversos que son resultado de las actividades humanas y constituyen zonas vitales para la permanencia a largo plazo de las áreas protegidas (Toledo, 2005; Sánchez-Cordero *et al.* 2008). Las áreas para la conservación son parte de los paisajes, no algo separado (Margules y Sarkar, 2009); por lo tanto, parece necesario considerar la conservación a nivel de paisaje, incorporando las áreas actualmente “desprotegidas” al proceso de conservación, para esto es necesario incluir tanto los remanentes de vegetación nativa que subsisten fuera de las áreas protegidas como la matriz antropogénica de hábitat que los rodea (Simonetti, 2006; Soutullo, 2006).

Actualmente, las áreas para la conservación son manejadas bajo una gran variedad de formas de tenencia de tierra y operan dentro de una diversidad de contextos sociales. Para algunas especies, estas áreas funcionan como refugios de hábitat óptimo en tiempos de estrés, para otras significan un hábitat subóptimo, y quizá para la mayoría, estos paisajes fragmentados proveen el único hábitat viable remanente (Margules y Sarkar, 2009).

Este cambio de paradigma concibe la creación de áreas de conservación bajo un esquema de integración con zonas de influencia antropogénica, la conservación de la diversidad biológica se correlaciona con los componentes económicos, culturales, demográficos y de desarrollo social. La aceptación de esta nueva visión para concretar acciones y lograr sistemas de áreas para la conservación verdaderamente representativas requiere de nuevos esfuerzos, compromisos, políticas y nuevas soluciones. En este enfoque es necesario concebir *áreas para la conservación* como sitios sujetos a manejo, al menos parcialmente, para conservar la biota que se encuentra en ella; las opciones de manejo incluyen desde la exclusión permanente de la presencia humana, la conservación basada en las comunidades e incluso el uso sustentable de algunas especies particulares; dicha definición incluye a todas aquellas áreas que realizan una función de conservación, estén o no estén estrictamente protegidas (Toledo, 2005; Margules y Sarkar, 2009; Illoldi *et al.*, 2008).

El concepto de Nicho Ecológico y Hábitat

El concepto de nicho ecológico fue definido por primera vez por Grinnell (1917), como “el conjunto de condiciones ecológicas que le permite a una especie mantener sus poblaciones, sin inmigración”, dicho concepto ha sido replanteado como “el conjunto de condiciones ambientales que le permiten a una especie satisfacer sus requerimientos mínimos, de manera tal que su tasa de nacimientos sea mayor o igual su tasa de muertes”. Posteriormente Hutchinson formalizó en 1957, el concepto de nicho ecológico definiéndolo como “un hipervolumen de n-dimensiones” (Soto, 2012), donde cada dimensión incluye a todos los factores bióticos y abióticos con los cuales cualquier organismo se relaciona, en un tiempo y espacio determinado, el nicho ecológico hace referencia al tiempo actual en el cual se desarrolla el organismo, y cómo este interactúa con los factores ambientales que le rodean (Illoldi y Escalante, 2008; Phillips, 2006).

Es necesario comprender la relación entre los conceptos de nicho ecológico y distribución geográfica, para ello es importante mencionar los factores implícitos en dichos conceptos los cuales operan a diferentes escalas. El primer grupo incluye los factores abióticos como son clima, topografía, componentes edáficos; que imponen limitaciones fisiológicas a la capacidad de persistencia de la especie en un área. El segundo grupo incluye factores bióticos, estos son el conjunto de interacciones con otras especies ya sea positivas (ej. mutualismo) o negativas (ej. competencia, depredación); que influyen sobre la capacidad de la especie de mantener sus poblaciones en un área. El tercer grupo incluye a los factores históricos relacionados con la existencia de barreras físicas. El cuarto grupo, se refieren a la capacidad evolutiva de la especie de adaptarse a nuevas condiciones (Illoldi y Escalante, 2008).

En este concepto se identifican tres regiones que determinan las diferentes manifestaciones del nicho ecológico: *nicho fundamental*, *nicho realizado* y *área de distribución*. El *nicho fundamental* es la región donde los factores abióticos son apropiados para la especie. La región en donde los factores bióticos y abióticos son apropiados para la especie, representa la expresión geográfica

denominada *nicho realizado*; el cual representa la distribución potencial ya que son áreas donde la especie podría sobrevivir en caso de ser introducida. Una tercera región incluye a aquellas áreas que son accesibles, sin barreras que limiten su movimiento. La interacción de esta última región con el nicho realizado, es equivalente al *área de distribución actual* de la especie, donde ésta mantiene poblaciones estables (Estrada, 2010, Peterson, 2006; Guisan y Thuiller, 2005; Phillips y Dudík, 2008; Sánchez-Cordero *et al.*; 2005). En función de lo anterior, es importante determinar cuándo los resultados de un modelado de nicho ecológico pueden interpretarse como una predicción del nicho fundamental, del nicho realizado o del área de distribución de una especie (Soto, 2012; Estrada, 2010; Jiménez-Valverde *et al.*, 2008).

El concepto de nicho ecológico relaciona un conjunto de variables ambientales a la aptitud de las especies (Warren y Seifert, 2011; Elith *et al.* 2011; Merow *et al.* 2013; Soberón, 2012) mientras que los modelos de calidad de hábitat relacionan las variables ambientales a la probabilidad de ocurrencia de la especie. A pesar de esta relación, los conceptos están débilmente unidos en la literatura y hay una fuerte necesidad de una mejor integración (Hirzel y Le Lay, 2008).

El concepto de hábitat puede variar de acuerdo al contexto y objeto de investigación (Soto, 2012), considerando la definición más adecuada para el presente estudio aquella que define el *hábitat* como los recursos y condiciones presentes en un área que son adecuados para la ocupación, sobrevivencia y reproducción de un organismo. Asimismo la *calidad del hábitat*, es la capacidad del ambiente de proveer las condiciones apropiadas para la persistencia de organismos y sus poblaciones, siendo una característica que puede ser evaluada a diferentes niveles (Bolívar 2009, Pinto, 2009). Los Modelos de Calidad de Hábitat se centran particularmente en la caracterización del nicho realizado (Hirzel y Le Lay, 2008).

Modelo de Unidad de Hábitat Óptimo

Los modelos de evaluación de hábitat se comenzaron a desarrollar a partir de 1974, por el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos, están basados en dos variables: 1) el índice de hábitat adecuado (HSI habitat suitability index) y 2) el total de área de hábitat disponible. Los modelos de índice de hábitat adecuado, son definidos como un índice numérico en el que se representa la capacidad de un hábitat determinado y seleccionado para una especie y asume que existe una relación positiva entre el valor HSI y capacidad de carga de los hábitats (Pinto, 2009).

Los modelos de calidad, definen el hábitat potencial de una especie, basados en un análisis de los atributos clave del hábitat, la selección y clasificación de dichos atributos varía en función de la especie y objetivos del estudio; la información de base se obtiene de conocimientos propios, datos de campo, cartografía y datos colectados en campo (Díaz, 2004).

Son útiles para una gran variedad de aplicaciones en planeamiento, especialmente por entes gubernamentales, donde es importante considerar la información del hábitat para los procesos de decisión. Utilizados en estudios de manejo de especies, hábitat o impacto pues proveen información cuantitativa del hábitat que puede ser estructurada para una aplicación práctica, están diseñados para analizar los impactos de cambio y basados en la definición estrecha entre el hábitat y su capacidad de carga. Esto también provee un puente entre los campos de planeamiento y la ciencia (Pinto, 2009; Díaz, 2004; Díaz, 2013; Bolívar, 2009). En este sentido, los modelos de hábitat desempeñan un papel fundamental en la biología de la conservación (Pinto, 2009).

La evaluación del hábitat implica determinar las características que presenta un área en la cual habita una determinada especie, comprende una serie de características que actúan sobre la distribución y cantidad de organismos, los atributos más importantes a tomar en cuenta son generalmente la vegetación,

disponibilidad de alimento y en ocasiones se consideran los disturbios ocasionados por la actividad humana (Díaz, 2013, Bolívar, 2009).

Existen diferentes métodos para determinar la calidad del hábitat, el más directo es evaluar la productividad del hábitat, un segundo método consiste en estimar la abundancia de individuos de la población y utilizarla como un indicador de la densidad, y un tercer método consiste en simplificar el hábitat de la especie mediante la estimación y valoración de determinados “atributos clave”, su elección varía en función de la especie y objetivos de estudio, permitiendo identificar el hábitat potencial de la especie y planificar sobre predicciones sólidas para diseñar medidas de gestión y manejo del territorio (Díaz, 2004).

A partir de la selección de los atributos clave son centrales los conceptos de *Índice de Calidad de Hábitat* o *Índice de Aptitud del Hábitat*, estos índices son hipótesis de interrelaciones entre la especie y el hábitat, se basan en los supuestos de que “una especie selecciona y utiliza las zonas que están en mejores condiciones para satisfacer sus necesidades de vida y en consecuencia estas zonas serán utilizadas con mayor frecuencia, ya que tienen mayor calidad de hábitat; dichos índices se desarrollan a partir de la revisión y síntesis de información existente sobre la biología y el hábitat de la especie. El Índice de Calidad de Hábitat (HSI) asigna un valor a cada unidad de área del terreno de acuerdo a los requerimientos de la especies objeto de estudio (Díaz, 2013).

Para agregar los atributos de importancia del hábitat recientemente se han utilizado los Sistemas de Información Geográfica (Matteucci, 2006), debido a que los SIG permiten manipular adecuadamente los datos derivados de la interacción entre especies y ambiente las cuales puede causar diferentes patrones espaciales, observables a diferentes escalas, predecir y modelar condiciones aún inexistentes sobre el efecto del impacto humano en el ambiente y sobre la afectación de la calidad del hábitat, convirtiéndose en una herramienta que permite el desarrollo de diversos modelos predictivos útiles en

la conservación y gestión de la biodiversidad (Koleff *et al.*, 2007; Gallina *et al.* 2014).

BIOLOGÍA, ECOLOGÍA Y CONSERVACIÓN DE *Romerolagus diazi*

Clasificación taxonómica y filogenia

México es el país del Continente Americano con un mayor número de especies de lepóridos, en su territorio se encuentran nueve especies de conejos ocho del género *Sylvilagus* y una del género *Romerolagus* y cinco especies de liebres todas del género *Lepus*. De ese total, cinco especies de conejos y tres de liebres son endémicos y ocupan áreas de distribución muy reducidas, con excepción del conejo montes *Sylvilagus cunicularius* y la liebre torda *Lepus caūotfs* (Martínez, 2011).

Romerolagus diazi también llamado teporingo o zacatuche pudo haberse diferenciado a partir de *Nekrolagus* (fósil del Plioceno tardío de Norteamérica). La similitud ente los cromosómicos de liebres (*Lepus*) y el teporingo es tal que se considera que existe un parentesco en su proceso evolutivo más entre los zacatuches y las liebres que entre el zacatuche y los del género *Sylvilagus* con los que comparte su hábitat. Se cree que los zacatuches y las liebres comparten un ancestro común del cual partirían los conejos del género *Sylvilagus* (Romero y Velázquez, 1994).

El conejo de los volcanes posee características únicas que lo diferencian de otros lagomorfos, anatómicamente las costillas son proporcionalmente pequeñas y constan de seis pares de vértebras cervicales y nueve vértebras caudales, tres de ellas son rudimentarias y se encuentran hacia arriba, tiene el primer premolar (p3) dividido en dos secciones, el meato auditivo es relativamente mayor que en otros lagomorfos, en contraste con otros conejos y liebres tiene el esternón corto y el pre esternón es largo, los dos últimos segmentos del meso esternón están fusionados, el húmero es muy delgado y

está fusionado con el peroné, el tamaño reducido de sus patas traseras se debe a la anchura basal de los metatarsos (Velázquez *et. al.*,1993; Rojas 1951).

R. diazi es la única especie entre los conejos que presenta la característica primitiva de mantener articulados el esternón y la clavícula, comparte exclusivamente con *Pentalagus* la reducción extrema de la cola vertebral y el color marrón pálido de la parte ventral del cuerpo. Por otro lado comparte, solamente con *Nesolagus* y *Brachylagus*, conejos de la india y Norteamérica, respectivamente, la ausencia de muesca anterior en el premolar inferior tres (Romero y Velázquez, 1994).

Descripción

Romerolagus diazi, es un lagomorfo endémico de México considerado como especie “bandera” o “flagship”, es decir es una especie considerada símbolo de identidad y carismática por la respuesta sensorial que causa en los humanos (Velázquez *et. al.*, 2011).

Es considerado el leporido más pequeño de México, en promedio los machos miden 31 cm. y las hembras 26 cm. y un peso promedio de 417 g. para los machos y 535 g. para las hembras. Se caracteriza por tener las orejas cortas y redondas, sus patas posteriores son cortas en relación a su cuerpo y su característica principal es que posee una cola muy pequeña que no es visible a simple vista (CONANP, 2011).

El pelaje es corto y abundante, de color amarillo mezclado con negro en el dorso y en las partes laterales, la parte superior de los miembros anteriores y posteriores es de color ocre brillante y la superficie ventral marrón pálido, debajo de la garganta el color es ocre mezclado con un pelaje corto a manera de forro color gris oscuro, presenta un triángulo de pelo amarillento en la nuca entre la base de las orejas (CONANP, 2011; Martínez, 2011). El proceso de muda del pelo en el zacatuche consta de cuatro etapas, primero se cae el pelo dejando un área sin pigmento, después se acumula melanina a manera de

lunar en esa región, a continuación crece pelo nuevo mientras simultáneamente desaparece el área pigmentada. Este patrón de muda es único y no se asemeja a los observados en otros conejos (Romero y Velázquez, 1994).

Las huellas del zacatuche normalmente dejan una impresión de cuatro dedos, aunque algunas veces las patas anteriores pueden imprimir cinco. Su patrón de huellas es similar al de los demás conejos durante la carrera, pero siempre con distancias más cortas entre un grupo de huellas y el otro. La distancia entre los golpes de las patas delanteras y los de las patas traseras es entre 10 y 12 cm. (Romero y Velázquez, 1994, Aranda, 2012).

Ecología

La especie es de gran importancia ecológica, ya que los conejos, liebres y roedores son el alimento de grandes carnívoros. Por sus hábitos alimenticios los cuales incluyen hierbas, arbustos y partes de árboles, contribuyen con cambios importantes en las plantas permitiendo el control y desarrollo de sus poblaciones, de igual forma contribuyen a la dispersión de semillas de varias especies vegetales (Martínez, 2011).

El zacatuche es parte de la alimentación de depredadores, entre los que se encuentran la comadreja (*Mustela frenata*), gato montés (*Lynx rufus*), el coyote (*Canis latrans*) víbora de cascabel (*Crotalus triseratus*) y otros carnívoros como la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), cacomixtle (*Bassariscus atutus*), tlalcoyote (*Taxidea taxus*), halcón cola roja (*Buteo jamaicensis*) y tecolote cornudo (*Bubo virginianus*) que son considerados depredadores naturales del zacatuche. Una presión adicional a las poblaciones es la presencia de perros ferales y la cacería furtiva por parte de los pobladores. Sin embargo estos mamíferos son importantes en todo el territorio nacional como fuente de alimento para los habitantes del sector rural y generan ingresos por la obtención de permisos de cacería (Martínez, 2011; Romero y Velázquez, 1994).

R. diazi comparte el hábitat con dos especies de conejo, el conejo castellano (*Sylvilagus floridanus*) y el conejo de monte o mexicano (*Sylvilagus cunicularius*) (Romero y Velázquez, 1994). De acuerdo con un estudio realizado en el volcán pelado se documentó que los *Sylvilagus* se encuentran de los 3, 194 ± 140 msnm. mientras que *R. diazi* se distribuye a partir de los 3, 252 ± 123 msnm. compartiendo el hábitat solo en un 8% de los sitios estudiados (Martínez, 2011).

Pueden estar activos a cualquier hora del día o la noche, pero presentan picos de actividad al amanecer y en el crepúsculo, entre las 10:00 y 14:00 horas (Pérez, 2010). El teporingo vive en colonias formadas por grupos de cinco individuos, donde una hembra tiene la posición más alta en la jerarquía (Rangel-Velázquez, 2008). Presenta conductas de agresión como morder y expulsar a otros individuos en defensa de su territorio y compañeros, una conducta de alerta observada es que puede permanecer inmóvil con las orejas levantadas, al huir corren solamente algunos metros y se detiene varias veces antes de llegar a sus madrigueras, lo que los hace más vulnerables al ataque de perros ferales y el fuego (Romero y Velázquez, 1994). Un rasgo peculiar es que utiliza frecuentemente vocalizaciones agudas y fuertes, como parte normal de sus interacciones sociales y además para informar a otros individuos sobre la presencia de depredadores, se han identificado hasta cinco diferentes sonidos con los cuales se comunican entre ellos (Pérez, 2010; CONANP, 2011); de todos los conejos y liebres del mundo, ninguno vocaliza a excepción de los zacatuches y las pikas (Romero y Velázquez, 1994).

Su tasa de crecimiento es de 6 meses, a partir del nacimiento los machos alcanzan un peso de 577 gr. por 497 gr. de las hembras. La madurez sexual está en relación con el peso corporal, ya que cuando alcanzan los 400-450 gr se inicia, las hembras no presentan un ciclo estral definido sino que permanecen en estado de constante aceptación sexual por lo que aparentemente se reproducen durante todo el año pero su actividad reproductiva incrementa durante la época de lluvia (julio-agosto) y disminuye durante el invierno. Sin embargo la tasa de reproducción del zacatuche se

encuentra por debajo de la media de todos los mamíferos, 1.5 gazapos en promedio (Velázquez *et. al.*,2011), considerando el tamaño de camada que es de 2.07 ± 0.7 gazapos en vida silvestre y 2.5 en cautiverio (Romero y Velázquez, 1994), la periodicidad reproductiva es de una vez al año y un éxito reproductivo bajo en términos de los gazapos logrados a la etapa de madurez sexual, alrededor de 1.5 de cada 3 parejas (Velázquez *et. al.*, 2011, Martínez, 2011). La gestación dura de 38 a 40 días, los gazapos nacen con los ojos cerrados y hasta las dos semanas de nacidos pueden moverse y alimentarse por sí solos (CONANP, 2011).

Construyen sus nidos en los meses de abril a septiembre en la base de las gramíneas amacolladas, sus madrigueras pueden tener hasta cinco metros de longitud y una profundidad de hasta 40 cm (CONANP, 2011). El material de construcción se forma de restos y fragmentos secos de plantas. El teporingo también utiliza madrigueras abandonadas de tuzas (*Pappogeomys merriami*), ardillas terrestres (*Spermophilus variegatus*), armadillos (*Dasyopus novemcinctus*), y tlalcoyotes (*Taxtdea taxus*); sin embargo usan también cualquier tipo de refugio como troncos, hoyos y ranuras entre las rocas (Romero y Velázquez, 1994).

Uso de hábitat

El hábitat del zacatuche se caracteriza por estar conformado por bosques mixtos de pino (*Pinus spp.*), aile (*Alnus firmifolia*) con presencia de un sotobosque y una amplia cobertura de gramíneas amacolladas como *Mulhembergia macroura*, *Festuca tolucensis*, *Stipa ichu*, *Calamagrostis toucensis* y afloramiento de rocas volcánicas (Domínguez-Pérez A., 2007). Se estima que su ámbito hogareño no va más allá de los 2,500 m² por lo que su capacidad cursorial es restringida a cortas distancias (Rangel-Velázquez, 2008).

La presencia y abundancia de *R. diazi* es determinada por dos factores de gran importancia, estos son la altitud y el estrato herbáceo. La cobertura del estrato

herbáceo está sumamente relacionada con la presencia del conejo de los volcanes, siendo el elemento más importante de este estrato la presencia de gramíneas amacolladas con una cobertura del 60% al 70%, aproximadamente 1.4 gramíneas/m², con una altura mínima de 70 cm y densas con una base de 85 cm. Estas características del zacatonal son de suma importancia ya que el zacatuche se alimenta, anida y se refugia de los depredadores en este tipo de vegetación (Martínez, 2011, Rangel-Velázquez, 2008). Es importante que el hábitat presente con nula accesibilidad, es decir lejos de caminos o veredas y sin presencia de actividades como pastoreo, quema y tala (Martínez, 2011).

Se ha documentado que construye sus madrigueras en suelos suaves, húmicos y poco pedregosos en pendientes del 2% y menores a 43° (Pérez, 2010). Por otra parte estudios realizados en poblaciones ubicadas en el Parque Nacional Izta.-Popo, donde se hicieron recorridos para determinar la distribución espacial del conejo de los volcanes, se observó que el patrón conductual de uso de hábitat de la especie presenta una marcada preferencia por las zonas en las cuales las condiciones de cobertura y orientación les ofrecen protección de los vientos del norte (orientación sur, oriente o poniente); también se registró un desplazamiento de las colonias dependiendo la época del año, en invierno se desplazan hacia la parte baja de las cañadas y en época de lluvias ocupan las partes altas, con lo cual se observa que es una especie que se adapta y cuenta con comportamientos con los cuales asegura su supervivencia (CONANP, 2010).

Distribución Histórica

R. diazi es uno de los mamíferos endémicos y su hábitat se restringe a la parte central de la Faja Transvolcánica políticamente sus áreas de distribución cubren parte de los estados de México, Morelos, Puebla y Distrito Federal (Domínguez-Pérez, 2007); su hábitat se localiza a partir de los 2,800 a los 4,250 msnm en bosques de pino con presencia de gramíneas amacolladas denominados localmente zacatonales (CONANP, 2011), el clima es tipo C (W2) (w) semifrío subhúmedo y húmedo con abundantes lluvias en verano, la

temperatura promedio anual oscila entre los 5 y los 18 °C con un promedio de precipitación anual de 1000 mm (Domínguez-Pérez, 2007).

Se ha reportado una distribución que se limita a la parte montañosa del sur del Valle de México. Especialmente en cuatro áreas núcleo aisladas entre sí, Volcán Iztaccíhuatl y Volcán Popocatepetl (la Sierra Nevada), Volcán Tláloc y Volcán Pelado (Sierra Chichinautzin). En 1991 Velázquez y colaboradores determinaron un área de distribución total de 368.5 km², esta área se obtuvo de un estudio detallado mediante el cual se encontraron áreas pequeñas aledañas a las áreas núcleo las cuales no habían sido reportadas con anterioridad. Resultando un área de distribución fragmentada en cuatro áreas núcleo (F, M, O, P) y doce periféricas (A, B, C, D, E, G, H, I, J, K, L, N) (Martínez, 2011, Velázquez *et al.*, 1996b; Figura 1).

MAPA DE DISTRIBUCIÓN HISTÓRICA DEL TEPORINGO *Romerolagus diazi*

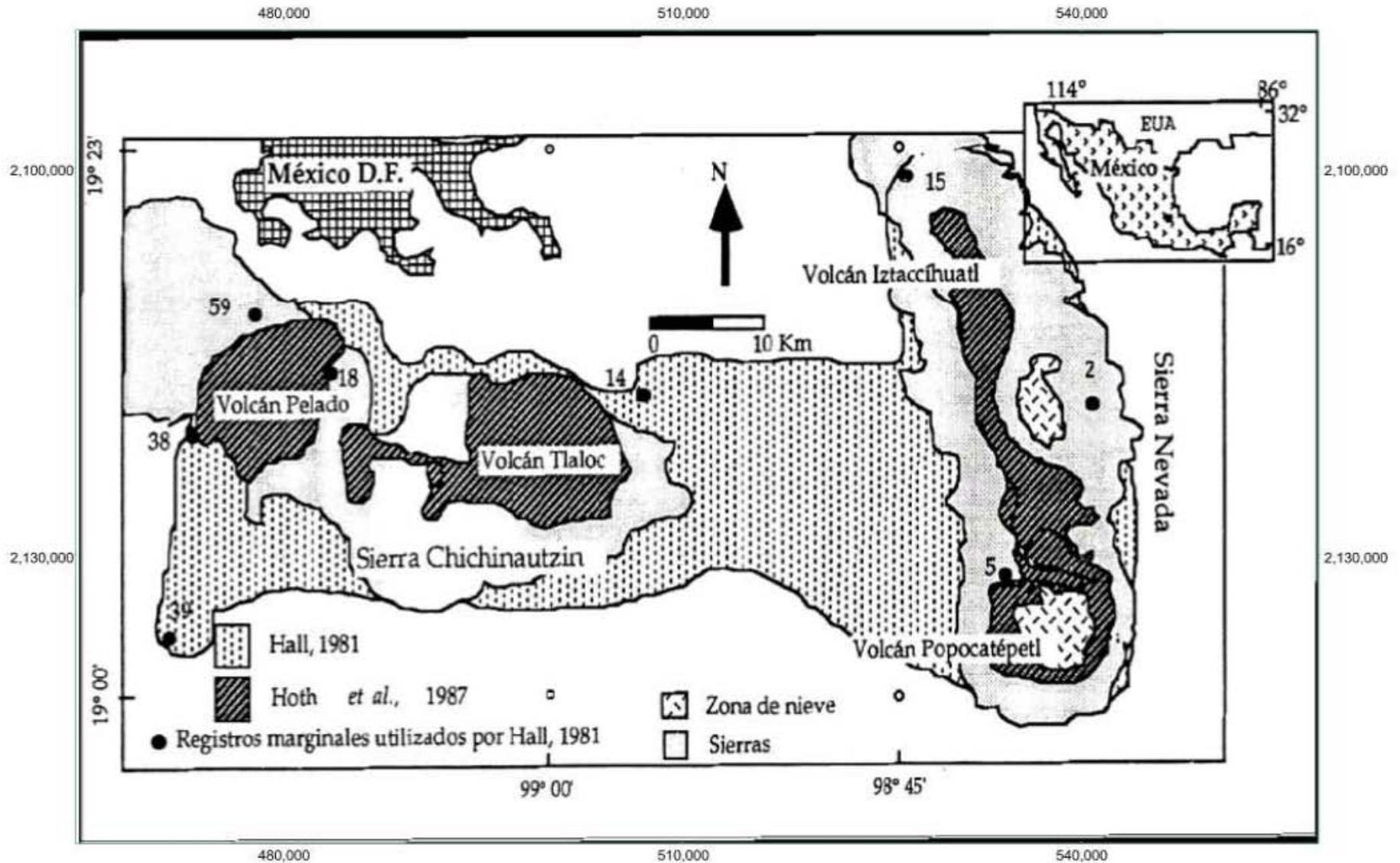


Figura 1.- Distribución histórica reportada para *R. diazi*. Modificado de Velázquez et al., 1996 b

Distribución actual

En el año 2002, se reportó que la especie se encontraba en manchones aislados distribuidos al sur del Valle de México correspondientes a 16 zonas aisladas: 4 zonas núcleo y 12 zonas periféricas más pequeñas. Todas ellas se hallaban aisladas principalmente por carreteras, campos de cultivo, y asentamientos humanos. Las cuatro zonas núcleo se ubicaban en los volcanes Pelado, Tláloc, Popocatepetl e Iztaccíhuatl y las restantes en su periferia. Actualmente, se ha sugerido que la especie ya no se encuentra más en las laderas del lado este del volcán Iztaccíhuatl (Molina *et al.*, 2012).

En el año 2010, se reportó que de nueve áreas potenciales de distribución del zacatuche, su presencia ha sido confirmada únicamente en las sierras Chichinautzin-Ajusco y sierra nevada (volcanes Popocatepetl e Iztaccíhuatl), sin embargo aún falta comprobar la presencia de los zacatuches en ciertas áreas. Una porción importante del rango de distribución del conejo de los volcanes forma parte de las Áreas Naturales Protegidas, desafortunadamente esto no ha podido asegurar la protección del hábitat de la especie (Molina *et al.*, 2012; Figura 2).

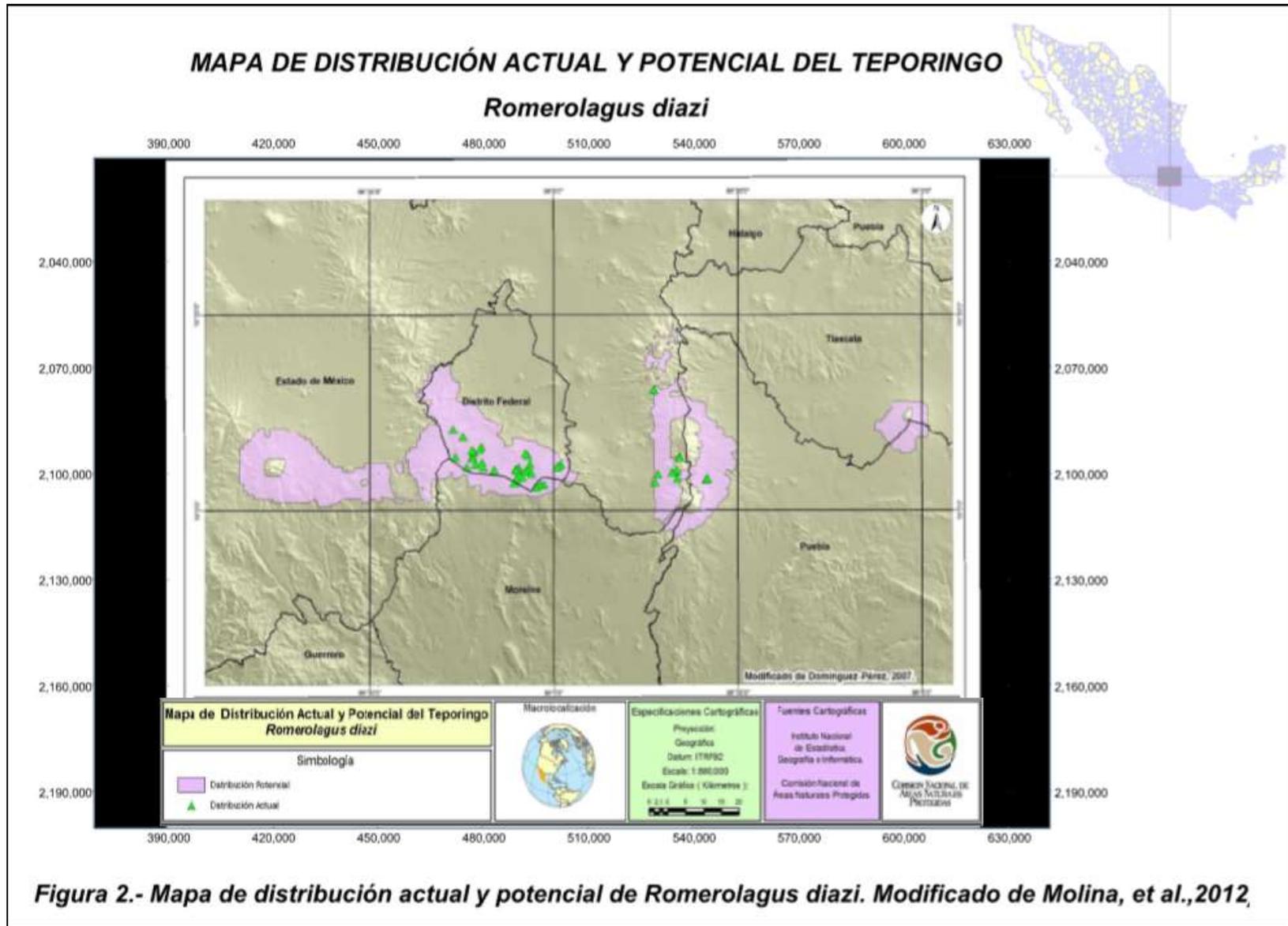


Figura 2.- Mapa de distribución actual y potencial de *Romerolagus diazi*. Modificado de Molina, et al.,2012,

Esfuerzos de conservación

Desde 1972 esta especie se encuentra catalogada en “Peligro de Extinción” por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), también se encuentra en el Apéndice I de la CITES (Convención on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (Romero y Velázquez, 1994) y en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

El interés científico por *Romerolagus diazi* se inició en la década de los 70's cuando fue incluido en el listado de especies indeterminadas con riesgo de extinción como resultado de la poca información científica y la ignorancia de la población. Durante la década de los 80's se documentaron datos biogeográficos, reproductivos y genéticos lo que motivó a ser catalogado como especie en peligro de extinción. A principios de los 90 se documentaron en detalle los aspectos ecológicos y geográficos y a finales de esta década se reconoció la fragilidad de su hábitat (Velázquez, 2011).

Por lo tanto es bien sabido que el conejo de los volcanes posee ciertas características biológicas que lo hacen una especie susceptible a la extinción: 1) Su distribución se restringe a un hábitat con características especiales que se encuentra presente únicamente a grandes altitudes (Velázquez *et. al.*, 1993), fatídicamente coincide con la zona de expansión de las grandes urbes siendo sometida a grandes presiones ambientales (Romero y Velázquez, 1994). Esta zona presenta una alta tasa de deforestación y subsecuente cambio de uso de suelo para satisfacer las necesidades de una población aproximada de 40 millones (Fuller *et al.*, 2006), la desaparición de su hábitat y el aislamiento de sus poblaciones traen consigo una fragmentación y reducción de su área de distribución (CONANP, 2011), 2) Su dieta es especializada basada principalmente en plantas del género *Muhlenbergia*; chocando con las diversas actividades que se realizan en la zona de distribución, las cuales podemos agrupar en agrícolas, ganaderas y forestales; existiendo una tendencia a que el área agrícola se extienda hacia superficies que originalmente eran forestales, el pastoreo y los incendios provocados para aumentar la cantidad de pastos para el ganado afectan severamente aquellos

pastos silvestres que presentan una fuerte relación con los zacatuches como es el caso de *Muhlenbergia macroura* y *Festuca tolucensis*, disminuyendo la calidad y cantidad de pastos amacollados (Domínguez-Pérez, 2007), 3) Posee poca capacidad de dispersión y el incremento en la construcción de complejos habitacionales, la creación de carreteras y terracerías, que son barreras geográficas para la dispersión y migración entre las poblaciones, incrementando las probabilidades de extinción de la especie (Martínez, 2011), 4) Su tasa reproductiva es baja en comparación con otros mamíferos y 5) Es necesario considerar que la reducción del hábitat ha generado aislamiento genético, por lo que no es muy conocido el efecto que esto tiene sobre la especie, al menos en el mediano plazo, si no se detiene la fragmentación de su hábitat (Molina *et al.*, 2012).

Diversas instituciones nacionales y extranjeras se han preocupado por la conservación de este carismático lagomorfo, listándose entre ellas el Zoológico de Jersey en Inglaterra, Zoológico de Amberes en Bélgica y el Zoológico de la Universidad Autónoma Metropolitana, el Colegio de Postgraduados de Chapingo, la Universidad Nacional Autónoma de México y la Asociación Mexicana para la Conservación y estudio de Lagomorfos A.C., entre otras. En México a partir de 1996 se han desarrollado esfuerzos de conservación para enfrentar el excesivo uso de áreas boscosas donde ocurre la especie, y en donde pequeños grupos de propietarios de la tierra, habitantes de diferentes comunidades rurales del Distrito Federal, pusieron gradualmente en marcha actividades sustentables y de vigilancia del zacatuche y otras especies. Como resultado se encuentra la habilitación de áreas como el primer Parque Ecológico Ejidal del Sur de la Cuenca de México, en San Nicolás Totolapan, puesto en funcionamiento en 1998 bajo esquemas de conservación sugeridos por instituciones gubernamentales y no gubernamentales, académicas y privadas. En 2007, las comunidades de Milpa Alta, con apoyo de la Secretaría del Medio Ambiente del D.F., en colaboración con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), la UNAM y la Universidad de Cornell, crearon el “Área Comunitaria de Conservación Ecológica para Proteger al Zacatuche y al Gorrión Serrano”. También este esfuerzo ha involucrado la reproducción de la especie en cautiverio. Actualmente existen

dos sitios que poseen colonias en cautiverio, los Zoológicos de Chapultepec y de Los Coyotes (Molina et al., 2012). En 2007 se puso en marcha el Programa de Conservación de Especies en Riesgo (PROCER), cuyo objetivo es recuperar 30 especies prioritarias en peligro, en el periodo 2007-2012, por medio de los Programas de Acción para la Conservación de Especies, que contemplan al zacatuche siendo una de las líneas de acción la identificación e incorporación de áreas prioritarias para su conservación (CONANP, 2014).

Sin embargo los esfuerzos de conservación de la población de teporingo se han limitado y concentrado en la mayoría de los casos dentro de ANPs, y los resultados demuestran que a pesar de contar con protección especial su hábitat experimenta altas tasas de degradación; en el caso concreto del conejo de los volcanes a pesar de que el área donde vive comprende zonas de cinco parques nacionales, su cacería y el descenso de sus poblaciones no ha cesado (Velázquez *et. al.*, 2011; Romero y Velázquez, 1994).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Romerolagus diazi es una especie endémica de México, catalogada en peligro de extinción y protegida por la NOM-059-SEMARNAT-2010, esto debido principalmente a la destrucción de su hábitat por expansión de la zona urbana, cambio de uso de suelo, actividades agrícolas y forestales, la mayoría de los estudios sobre la especie han sido focalizados en Áreas Naturales Protegidas, sin embargo, hay registros de poblaciones en áreas no protegidas, como el caso de este estudio que se encuentra en un área buffer del Parque Nacional Iztá-Popo la cual se caracteriza por poseer superficies boscosas en buen estado de conservación o susceptibles de restauración. Por lo que es imprescindible hacer estudios en estas zonas cuya información contribuya al manejo sustentable y conservación del teporingo, en donde se pueda conjuntar con las actividades económicas de las comunidades sin que se ponga en riesgo su permanencia en la localidad.

HIPÓTESIS

Si el Cerro de Humixtlahua presenta los atributos que cubren los requerimientos de hábitat de *Romerolagus diazi*, entonces proporcionará un hábitat de calidad el cual será un área prioritaria para la conservación de la especie.

OBJETIVO GENERAL

Identificar las áreas prioritarias para la conservación de *Romerolagus diazi* en el Cerro de Humixtlahua, empleando el Modelo de Unidad de Hábitat Óptimo.

OBJETIVOS PARTICULARES

Evaluar los atributos del hábitat necesarios para *R. diazi* presentes en el Cerro Humixtlahua.

Identificar las áreas prioritarias de conservación para el zacatuche en el Ejido de Santa Rita Tlahuapan usando el modelo de Unidad de Hábitat Óptimo.

ZONA DE ESTUDIO

Cerro Humixtlahua

El presente estudio se realizó en el Cerro Humixtlahua que se ubica en el lado Oeste del Ejido de Santa Rita Tlahuapan, Puebla (Figura 3). El Cerro Humixtlahua y otras partes del ejido, se localizan dentro de la zona de influencia del Parque Nacional Izta-Popo que a su vez forma parte de la Reserva de la Biosfera “Los Volcanes”, está contemplado dentro de un anillo o buffer de un kilómetro de separación con respecto a los linderos del parque ubicado alrededor del ANP (UNESCO, 2004; CONANP, 2013).

La vegetación predominante del cerro es bosque de pino con zacatonal, algunas de las especies vegetales presentes en la zona son *Pinus*

montezumae, *Pinus hartwegii*, *Quercus microphylla*, el zacatonal está representado por especies como *Panicum hallii*, *Muhlenbergia macroura*, *Muhlenbergia virletii* y *Piptochaetium virescens* (com. per.).

El tipo de vegetación presente en el Ejido es bosque de pino, bosque de oyamel y bosque de encino, con estrato herbáceo predominantemente de zacatonal (Lara, 2010). La principal actividad económica realizada en el Ejido es la silvicultura y el pastoreo de ganado bovino y ovino.



Figura 3.- Ubicación de la zona de estudio (elaboración propia)

MÉTODO

Método indirecto de conteo de excretas y letrinas

El presente estudio se realizó en dos periodos, el primero en el mes de marzo y abril del año 2012, donde se registro la presencia de *R. diazi* en las laderas del Cerro Humixtlahua y se calculó la densidad absoluta de la población, por el Método de Conteo de Excretas (Farías, 2011; Aranda, 2000, CONANP, 2011)

El Método Indirecto de Conteo de Excretas es el método de muestreo poblacional recomendado para los conejos del género *Sylvilagus* y para el conejo teporingo (Aranda 2000; CONANP, 2011). El método consiste en trazar una serie de transectos a lo largo de los cuales se cuenta la acumulación de excrementos o de letrinas en parcelas previamente establecidas en cada transecto. De esta manera puede medirse la acumulación de excrementos en relación con una unidad de área y por un periodo conocido de tiempo y a partir de estos datos se puede estimar la densidad absoluta o calcular la abundancia relativa (CONANP, 2011). La densidad absoluta es el número de individuos por unidad de área. La densidad afecta y controla en parte las tasas de nacimiento, mortalidad y crecimiento de la población.

En el primer periodo para estimar la densidad absoluta se trazaron al azar dos transectos lineales de 1 km. cada uno, estableciendo cada 100 m. parcelas de 3 m², delimitándolas con cinta y ubicando por coordenadas geográficas (Figura 4). Cada parcela se limpio retirando la totalidad de las excretas (tiempo 0) después de 29 días se visitaron las parcelas establecidas anteriormente, se realizó la colecta de excretas, colocándolas en bolsas de papel y separando excretas frescas y secas (Figura 5).



Figura 4.- Delimitación de parcelas de 3m²



Figura 5.- Excretas de *R. diazi*

Posteriormente en laboratorio se realizó el conteo de excrementos para calcular el número de animales por kilómetro cuadrado (densidad absoluta) utilizando la fórmula: **$Animales / km^2 = n / AxB$**

En donde: n = es el número de excrementos o letrinas acumulados en las parcelas extrapolado a 1 km², A = la tasa de defecación diaria, B = es el número de días de acumulación (Aranda 2000; Pérez, 2010; Farías, 2011).

Tomando en cuenta los supuestos básicos del método:

1. Se conoce la tasa de defecación diaria: 413.6 excretas/día/conejo (com. per).
2. Se conoce el periodo de acumulación de los excrementos: 29 días en promedio.
3. Los excrementos son correctamente identificados.
4. La forma y el tamaño de la parcela son eficientes para el conteo.
5. Las parcelas se distribuyen al azar y son representativas del área total de referencia.

El segundo periodo se llevó a cabo en el 2013 realizando dos muestreos estacionales, uno en época seca en los meses de marzo y abril y el segundo muestreo en época de lluvias en el mes de agosto-septiembre, calculando la densidad absoluta de población y registrando los atributos considerados importantes para *R. diazi*, en la zona de estudio en donde se tenía registrada la

colonia, identificando el tipo de vegetación y cobertura de gramíneas, altitud, pendiente y orientación del terreno, datos que se utilizaron para la generación de los modelos.

Para calcular la densidad, se hizo un transecto de 1 km. estableciendo cada 100 m. parcelas de 3 m², delimitándolas con cinta y ubicando por coordenadas geográficas, se realizó la limpieza de las letrinas, esta vez dejando unas cuantas excretas para evitar que la letrina fuera abandonada (Martínez, 2011).

Para la caracterización de la vegetación se realizaron cuadrantes de 5 m² a lo largo de cuatro transectos de 1 km., en los diferentes períodos, contiguos a cada una de las parcelas establecidas para estimar la densidad, en cada cuadrante se identificaron las especies vegetales presentes (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

En el año 2014 se realizó en el mes de septiembre, época lluviosa, un muestreo de vegetación por cuadrantes, posterior al manejo forestal realizado en la zona.

La cobertura se obtuvo realizando dos mediciones cruzadas a cada una de las gramíneas comprendidas dentro de cuadrante, obteniendo el diámetro mayor D₁, el diámetro menor D₂ y aplicando la fórmula descrita por Ramírez (2006):

$$\text{Cobertura} = \frac{D_1 + D_2}{2 \times \pi}$$

Generación del Modelo de Unidad de Hábitat Óptimo

La caracterización de los atributos mínimos indispensables para la presencia de *Romerolagus diazi*, se realizó mediante un índice de Importancia de Atributos (IIA), cuyos valores van de 0 (inapropiado) hasta 1 (alta calidad). Este valor se obtiene a partir de la fórmula $IIA = VIC/n$, donde VIC es el valor de importancia de cada clase para un atributo específico y n es el número de

clases para cada atributo (Bolívar, 2009). El valor de VIC de mayor importancia se otorgo o a partir de datos bibliográficos y datos obtenidos en campo considerando la relación e importancia de los atributos del hábitat con la presencia de la especie (Tabla 1).

Tabla 1.- Atributos de hábitat evaluados con sus respectivas clases donde VIC= Valor de Importancia de cada clase para un atributo, IIA= Índice de Importancia de Atributos.

Atributo	Clase	VIC	Clases del atributo	IIA	Calidad
Vegetación	Bosque de pino con zacatonal	3	4	0.75	ALTA
	Bosque de pino-encino	2		0.50	MEDIA
	Bosque de encino	1		0.25	BAJA
	Bosque de <i>Abies</i>	0		0	INAPROPIADO
Altitud	3000- 3574.185 msnm.	3	3	1	ALTA
	2791.395-3000 msnm.	2		0.67	MEDIA
	2400-2791.395 msnm.	1		0.33	BAJA
Pendiente	20°-29° (17.345-20.814, 20.814-24.283, 24.283-27.751)	3	3	1	ALTA
	30°- 40° (27.751-31.222)	1		0.33	BAJA
	1°-19° (0-3.469, 3.469-10.407, 10.407-13.876, 13.876-17.345)	2		0.67	MEDIA
Exposición	S, SO, SE, E, O S (157.5-202.5), SO (202.5-247.5), SE (112.5-157.5), E (67.5-112.5) O (247.5-292.5)	3	3	1	ALTA
	N, NO, NE N (0-22.5,337.5-360), NE (22.5-67.5) NO (292.5-337.5)	1		0.33	BAJA
	Planos (-1)	2		0.67	MEDIA

La calidad del hábitat se obtuvo utilizando el Índice de Calidad de Hábitat (HSI) descrito en la siguiente fórmula (Bolívar, 2009):

$$HSI = \left[\frac{IIA_1 + IIA_2 + IIA_3 + IIA_4 + IIA_5}{\sum IIA_n} \right] - vp$$

En donde: IIA_1 = Tipo de vegetación, IIA_2 = altitud, IIA_3 = pendiente, IIA_4 = exposición, IIA_n = el número de atributos que fueron evaluados y V_p = valor de presión antropogénica.

En este estudio el objetivo fue identificar áreas prioritarias para la conservación del teporingo, para esto se hicieron ajustes al realizar el análisis espacial mediante el SIG. La zona de estudio se amplió abarcando todo el Ejido y el área correspondiente al Parque Nacional Izta-Popo, por dos razones 1) verificar si al introducir las variables del hábitat, el área correspondiente al ANP se vería reflejada en el modelo, sirviendo como referencia y saber si se estaban empleando la información y atributos adecuados y 2) Analizar todo el territorio comprendido dentro del Ejido para identificar otras zonas que puedan proporcionar un hábitat óptimo y tener una mejor perspectiva de las unidades del paisaje y su conectividad. Para esto se creó un polígono que fue el área base para trabajar las capas temáticas restantes.

La designación del número de clases y el VIC de los atributo se asigno tomando como referencia los datos bibliográficos, los atributos del hábitat registrados en la zona de estudio y los datos contenidos en las capas proporcionadas por INEGI.

Para generar el modelo se tomaron como referencia los datos de los atributos del hábitat presentes en el Cerro Humixtlahua, donde se tiene el registro de la especie, se utilizaron las capas proporcionadas por INEGI del Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y vegetación Serie IV escala 1: 250 000 y el Modelo Digital de Elevaciones (MDE) a escala 1:250 000, para cada atributo se genero un modelo espacial procesando con el software ArcView 3.2 (ESRI, 1998) los valores de importancia de cada atributo y se obtuvieron las capas temáticas en formato ráster. El análisis espacial se realizó utilizando la extensión *Spatial Analyst* de ArcView 3.2, necesaria para el procesamiento de los datos espaciales y la suma de las capas temáticas (Map Calculator) permitiendo calcular paso a paso la ecuación del HSI. Además del software Arcview 3.2 se utilizaron los software ArcMap, gvSIG y MapWindow para realizar algunos procesos y obtener los mapas de salida. El uso de un SIG

para el análisis espacial es de suma utilidad ya que disponer de datos de campo de toda el área contemplada en el modelo, hubiera requerido mucho tiempo y recursos.

La capa temática para caracterizar el tipo de vegetación, primer atributo de importancia evaluado en el modelo, se realizó a partir de los datos contenidos en formato shape del Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación Serie IV, utilizando la capa denominada “us250s4v” que contiene datos referentes al tipo de bosque (bosque de pino, bosque de pino-encino, bosque de encino-pino, bosque de encino, bosque de oyamel) pero para el zacatuche el atributo más importante es la cobertura del estrato herbáceo (Farías, 2011; Martínez, 2011, Rangel-Velázquez, 2008), por lo cual se utilizó la capa denominada “us250s4a” (aspecto matorral) que contiene los datos de áreas con presencia de pastizal. Una vez ajustadas las capas al área base de trabajo, se designo en la tabla de atributos de la capa el VIC a cada clase del atributo según su importancia para la especie. Y finalmente mediante la aplicación Map calculator de ArcView 3.2 se sumaron ambos shapes para tener la capa final correspondiente al atributo de vegetación. La evaluación de este atributo se complemento con los datos de cobertura de gramíneas obtenidos en campo.

Para la elaboración de la capa correspondiente al atributo de altitud, el segundo aspecto de mayor importancia en la distribución de la especie, se asigno el valor más alto a una altitud de 3000- 3574.185 msnm. Se ha reportado que su hábitat se localiza a partir de los 2,800 a los 4,250 msnm (Velázquez *et al.*, 1996a; Velázquez *et al.*, 1996b; CONANP, 2011) sin embargo en el área de estudio se registra una altitud máxima de 3574. 185 msnm y el Cerro Humixtlahua, en donde se tiene el registro de la especie y donde se evaluaron los atributos del hábitat presenta una altura de 3000 a 3150 msnm.

Las capas de orientación y pendiente se obtuvieron a partir del MDE, posteriormente se hizo una reclasificación de valores por intervalos para delimitar las clases y asignar el VIC.

En este proceso también se utilizó una ortofoto y un mapa del Ejido proporcionado por los ejidatarios, para visualizar el espeto físico de la zona y descartar la inclusión de áreas inadecuadas para el objetivo de estudio.

Perturbación Antropogénica

Para generar la capa de valor de presión antropogénica (Vp) se seleccionaron los atributos del paisaje que se relacionen con la actividad humana, se consideren riesgosos y afecten la distribución y el uso del hábitat por *R. diazi*.

Se tomaron como indicadores de riesgo los caminos existentes en el área, para generar la capa de presión antropogénica se utilizaron los datos vectoriales de Caminos obtenidos de la Carta Topográfica de INEGI a escala 1:250 000, estableciendo tres categorías de presión: alto, medio y bajo, los cuales fueron sustituidos por los valores 4, 3 y 2, las zonas cuyo nivel de impacto es nulo tuvieron un valor de 0, tomando en cuenta que el conejo prefiere establecerse en terrenos con alta cobertura herbácea y poco accesibles a la actividad humana (Tabla 2).

Tabla 2.- Niveles de riesgo para *R. diazi* por presencia de caminos

Factor de riesgo	Nivel de riesgo alto (m) Valor=4	Nivel de riesgo medio (m) Valor=3	Nivel de riesgo bajo (m) Valor=2
Brecha Vereda	100	200	300
Terracería	200	400	600

En un modelo preliminar se contemplo únicamente el Vp a partir del los caminos, creando la capa temática del valor de presión antropogénico Vp a partir de los datos de caminos obtenidos de la Carta Topográfica delimitados por buffers con un área de influencia de 100, 200, 400 y 600 metros. Sin embargo el modelo presentaba incongruencias al mostrar zonas con un HSI de 0- 0.25 (baja calidad) en zonal agrícolas y zonas con un HSI >0 en áreas con vegetación de pino con zacatonal, esto es debido a que las zonas agrícolas son

grandes extensiones de tierra sin que haya caminos que a una distancia de aproximadamente 600 metros. Para contemplar en el modelo la presión por uso de suelo se utilizó la capa de Agricultura (us250s4g) del Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación Serie IV de INEGI escala 1: 250 000, asignando el valor de 0 al suelo con un uso ecológico y el valor de 4 al suelo con uso agrícola-pecuario-forestal (Tabla 3).

Tabla 3.- Niveles de riesgo para *R. diazi* por uso de suelo

Factor de riesgo	Nivel de riesgo bajo Valor=0	Nivel de riesgo alto Valor=4
Uso de suelo	Uso de suelo ecológico	Uso de suelo agrícola-pecuario-forestal

Se sumaron ambas capas por medio de la aplicación Map Calculator de ArcView 3.2 (ESRI, 1998) para tener una capa final de Vp que se resto al modelo para obtener los valores finales entre 0 y 1 del HSI.

Posteriormente se llevo a cabo el análisis espacial mediante el SIG para sumar las capas de cada atributo y restar el Vp, generando el Modelo de Unidad de Hábitat Óptimo (MUHO), permitiendo calcular el Índice de calidad de hábitat (HSI) del Cerro Humixtlahua y generando un mapa para obtener las zonas prioritarias para la conservación de *R. diazi* en el Ejido de Santa Rita Tlahuapan, Puebla.

Finalmente para la validación del modelo se realizo un recorrido en la zona predicha para confirmar la presencia de la especie y corroborar que el hábitat cumpliera con los atributos mínimos indispensables.

RESULTADOS

Densidad Absoluta

En el Cerro Humixtlahua, con el muestreo realizado en el periodo de marzo y abril del año 2012, por el Método Indirecto de Conteo de Excretas se obtuvo una densidad absoluta de 29 conejos/km² es decir 0.29 conejos/ha.

En el segundo periodo, en el muestreo realizado en los meses de marzo y abril de 2013 se obtuvo para la época seca del año una densidad absoluta de 54 conejos/ km² o 0.54 individuos/ha, y para la época de lluvias agosto-septiembre se obtuvo una densidad absoluta de 27 conejos/ km² es decir 0.27 conejos/ha. Resultando una densidad media anual de 40.5 conejos/ km².

Se puede advertir un descenso del 50% en la densidad de población de teporingo para la época lluviosa del 2013 donde se esperaba un aumento, esto debido a que su actividad reproductiva incrementa durante la época de lluvia en los meses de julio-agosto, tomando en cuenta que la gestación dura de 38 a 40 días y los gazapos comienzan a alimentarse y a caminar solos después de 2 semanas (CONANP, 2011), este descenso se atribuye a que en el paisaje analizado se presentó un incendio, evento que aumentó la presión antropogénica y afectó la cobertura de gramíneas, indispensable para la presencia de *R. diazi* (Martínez-García *et al.*, 2012, Martínez, 2011).

Modelo de Unidad de Hábitat Óptimo para Romerolagus diazi

Para cada atributo se obtuvo una capa temática con base en los valores de importancia VIC, observando la calidad el hábitat por cada atributo evaluado.

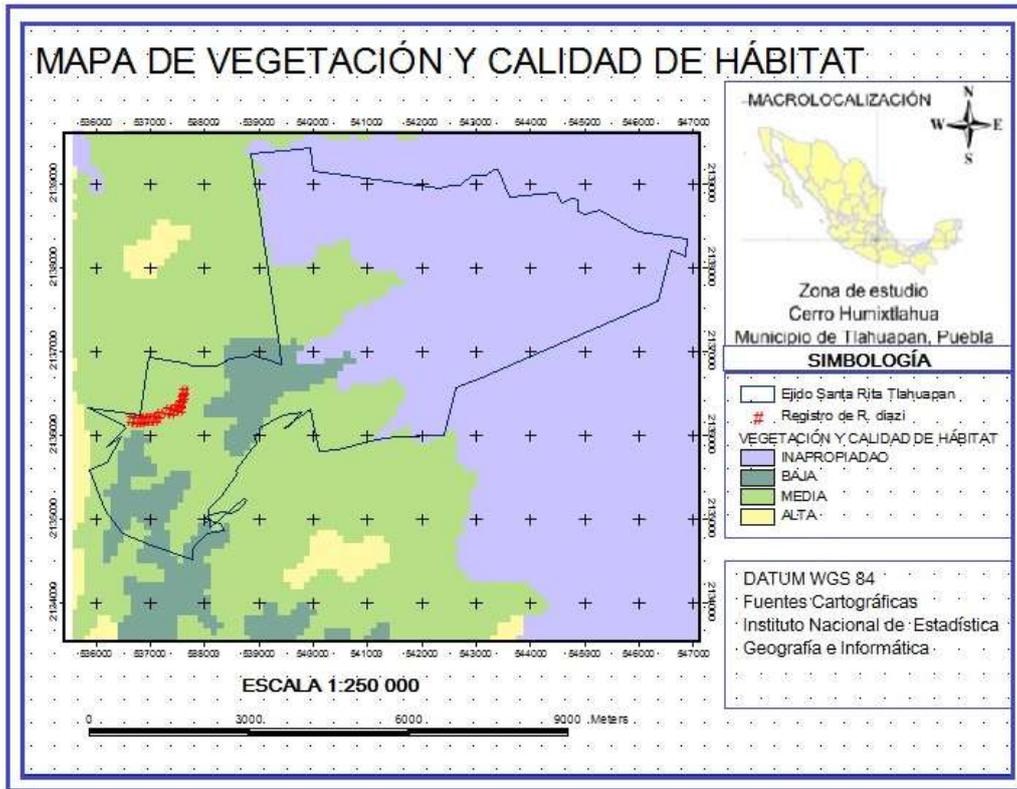


Figura 6.- Mapa de vegetación obtenido de la suma de las capas “us250s4v” y “us250s4a” del Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación Serie IV proporcionada por INEGI

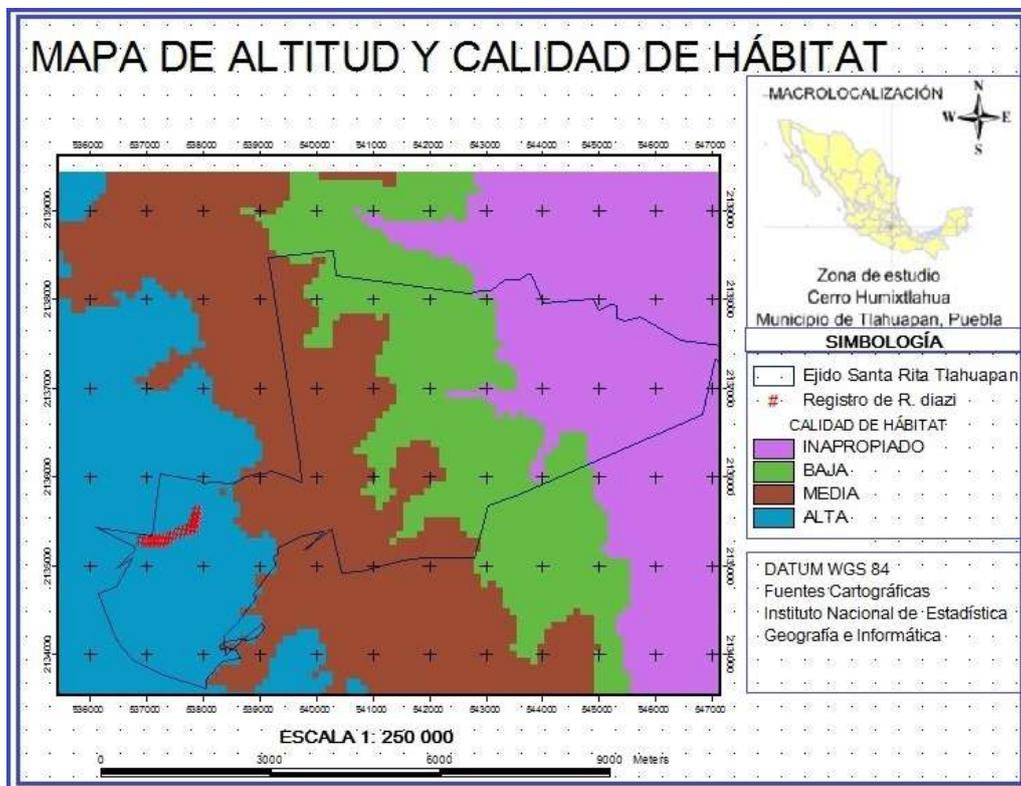


Figura 7- Mapa de altitud generado a partir del MDE proporcionado por INEGI

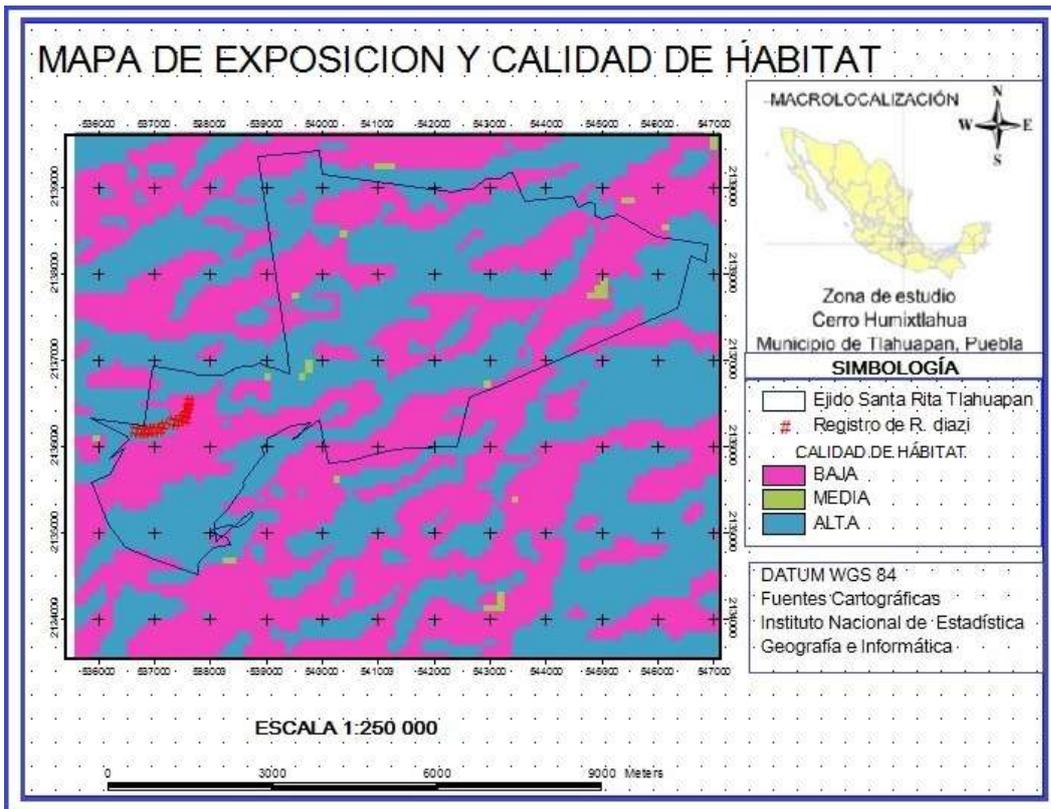


Figura 8- Mapa de exposición generado a partir del análisis del MDE

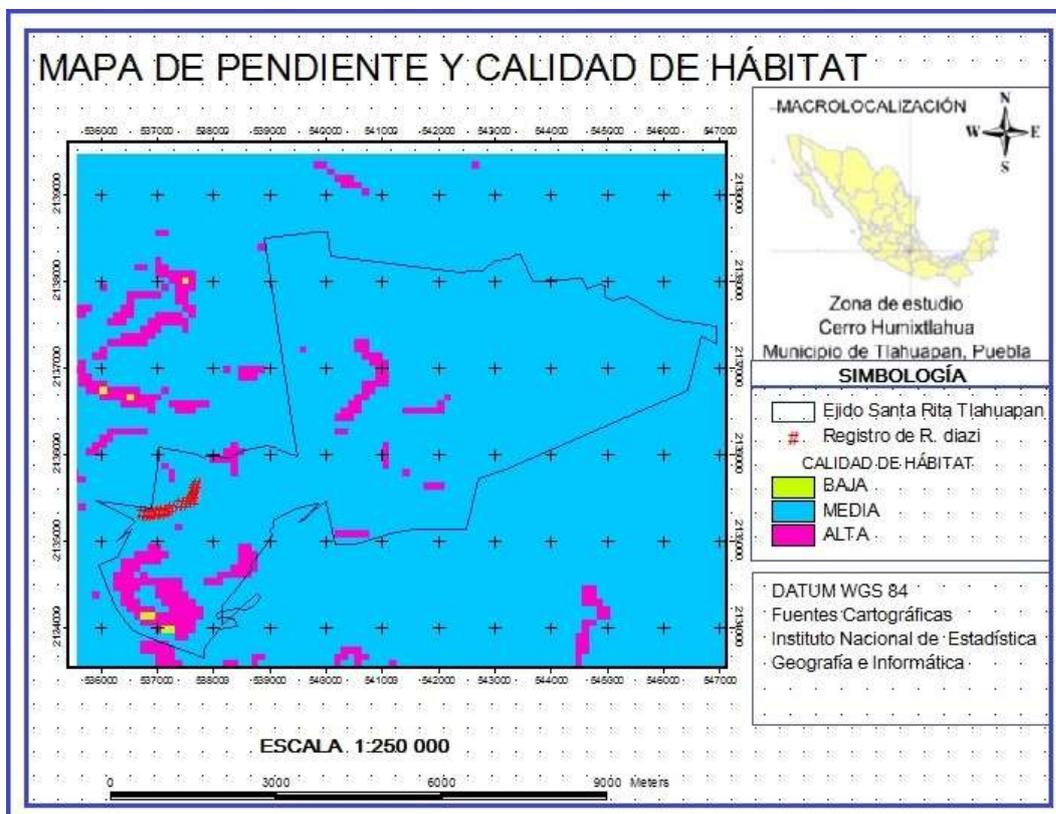


Figura 9- Mapa de pendiente generado a partir del análisis del MDE

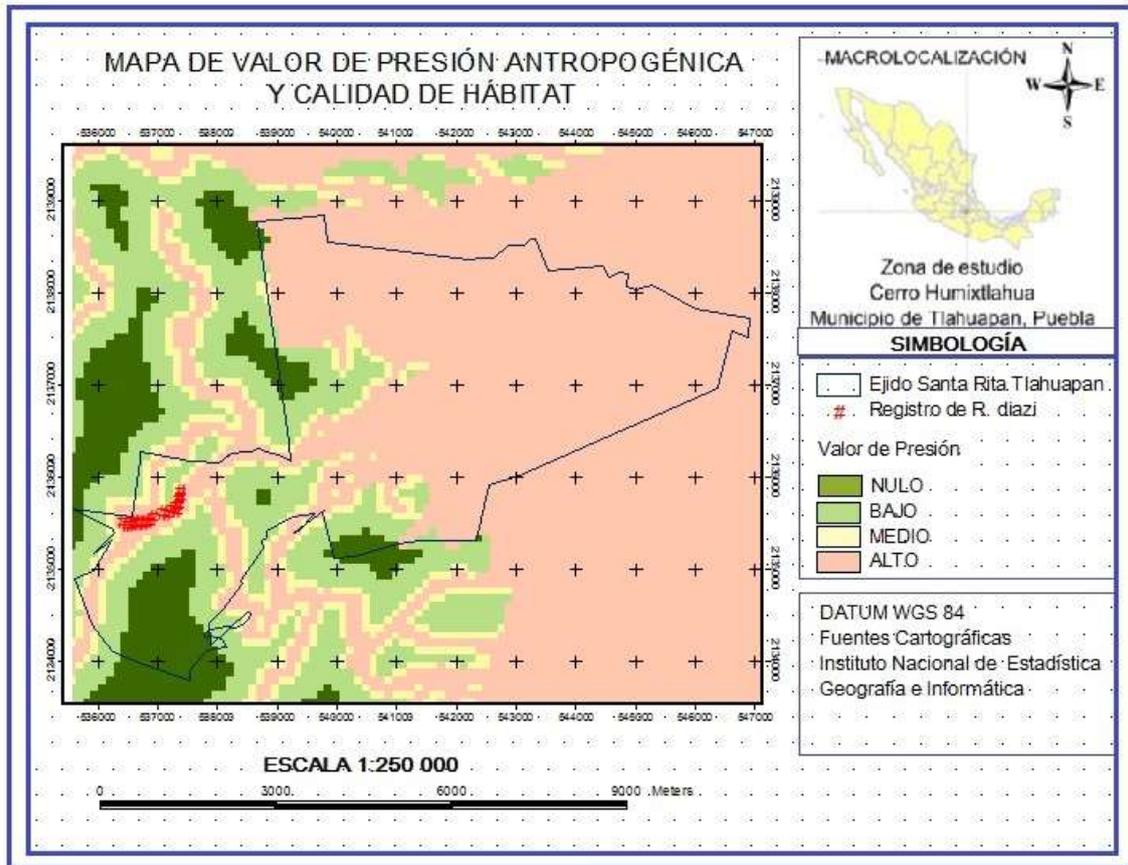


Figura 10.- Mapa de Valor de Presión Antropogénico (Vp) obtenido de la suma de las capas de caminos y Agricultura "us250s4g" del Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación Serie IV de INEGI

Calidad de hábitat del Cerro Humixtlahua

El HSI calculado para el Cerro Humixtlahua, antes de restar la capa de Vp, fue de 0.50 a 0.67 indicando que es un hábitat de mediana calidad (Figura 11), presenta una vegetación de bosque de pino y bosque de pino-encino con presencia de gramíneas amacolladas de la especie *Muhlenbergia macroura*, *Muhlenbergia virletii*, *Panicum hallii* y *Piptochaetium virescens*, altitud de 3 000 a 3 150 msnm., con exposición Sur y una pendiente del 39% (Figura 12).

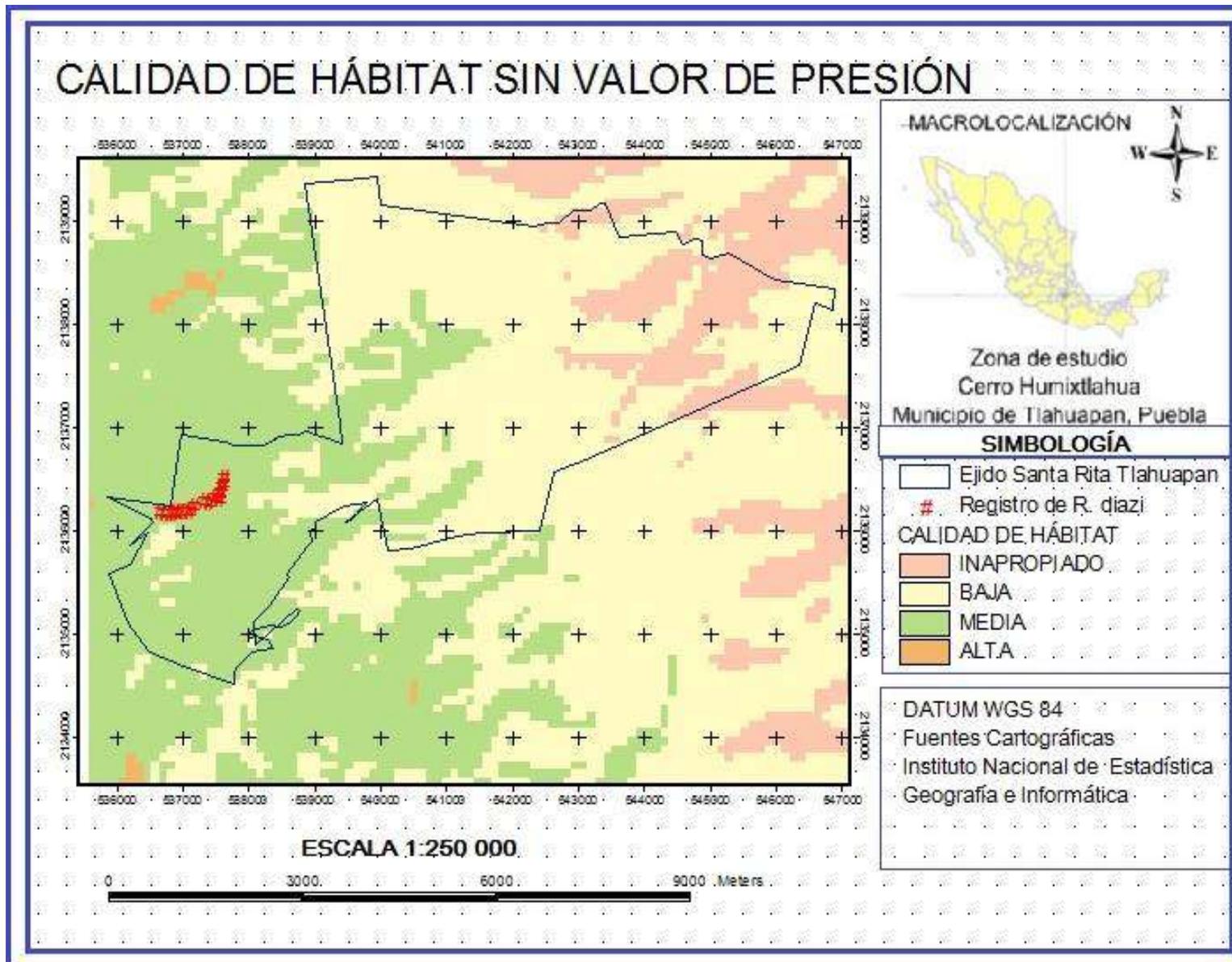


Figura 11.- Mapa de calidad de hábitat resultante de sumar todas las capas temáticas generadas para cada atributo analizado



Figura 12.- Cerro Humixtlahua

Sin embargo al restar la capa de Vp, el HSI calculado fue de 0, clasificándolo como un hábitat inadecuado para la especie. La perturbación por actividades humanas (Figura 13) se validó con los datos registrados en el área, ya que en el periodo de estudio al evaluar el porcentaje de cobertura de gramíneas se registró para el año 2013 en la época seca una cobertura del 74 % y para la época de lluvias se registro un 65% (Figura 14 y 15), posteriormente en 2014 se registro en época de lluvias un porcentaje de suelo cubierto por gramíneas del 41% (Figura 16). La zona se encuentra comprendida entre dos caminos y a 200 metros de distancia de una zona de pastoreo, siendo un lugar accesible a la presencia de humanos, perros, ganado ovino y bovino, factores que aumentan la presión antropogénica sobre la colonia de teporingo.



Figura 13- a) Corte de madera y silvicultura, b) Camino de terracería y zona de pastoreo localizados al pie del Cerro Humixtlahua.

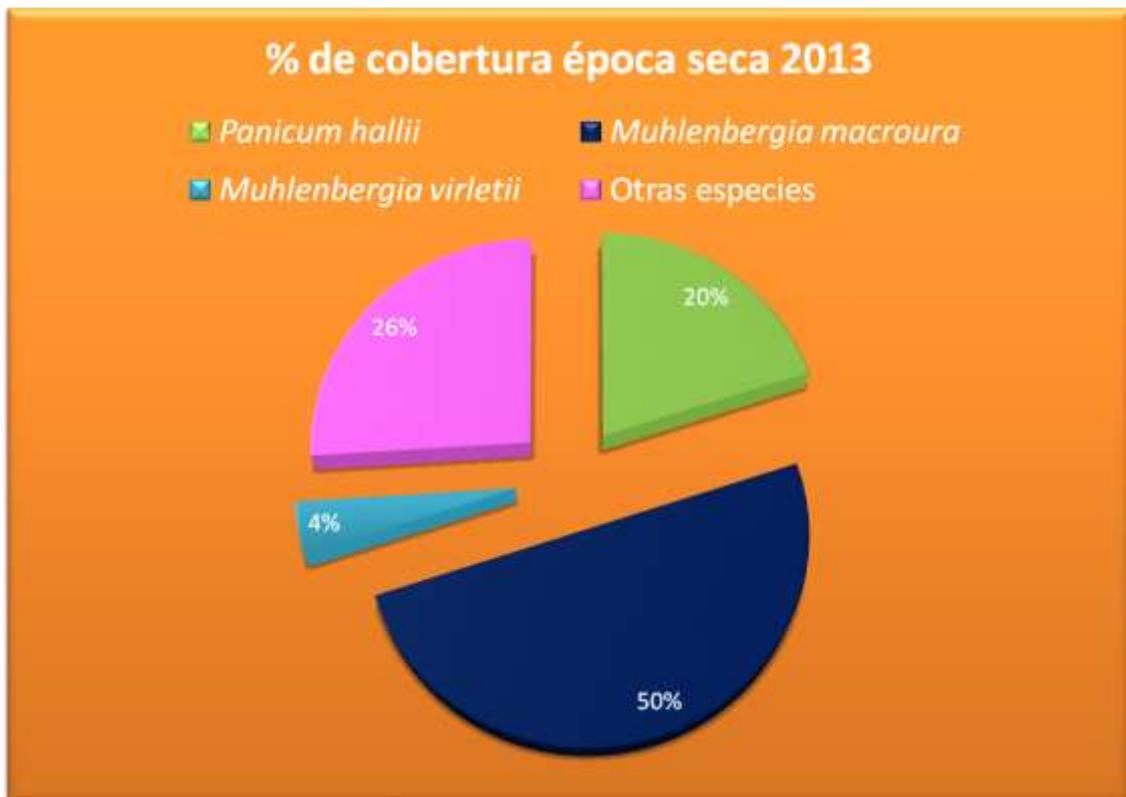


Figura 14- Especies vegetales y porcentaje de cobertura registrada en época seca del año 2013

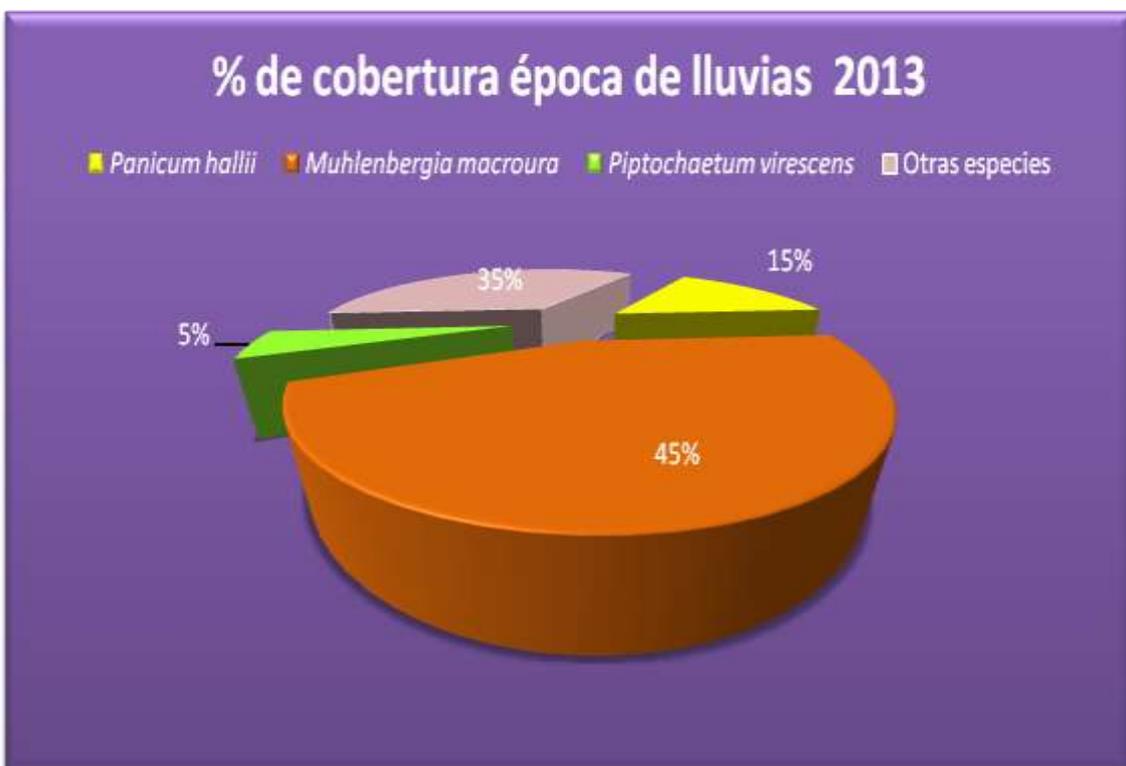


Figura 15- Especies vegetales y porcentaje de cobertura registrada en época de lluvias del año 2013



Figura 16- Especies vegetales y porcentaje de cobertura registradas en época de lluvias del año 2014

Identificación de área prioritaria para la conservación

El modelo final, incluyendo el Vp, permitió identificar otra zona dentro del Ejido con un HSI de 0.5 a 0.67, es decir que el modelo predijo una zona que cuenta con los atributos mínimos indispensables capaz de proporcionar un hábitat de mediana calidad para la especie, donde la presión antropogénica es menor (Figura 17).

Para validar la predicción del modelo se acudió al sitio, este se encuentra en la ladera de una elevación, con orientaciones sur y sureste, con una altitud de 3000 a 3500 msnm, pendiente de 20° a 30°, y presenta una vegetación de bosque de pino con presencia de zacatonal y bosque de pino- encino con zacatonal (Figuras 18 y 19) donde se confirmó la presencia de *R. diazi* encontrado letrinas y excretas frescas (Figura 20).

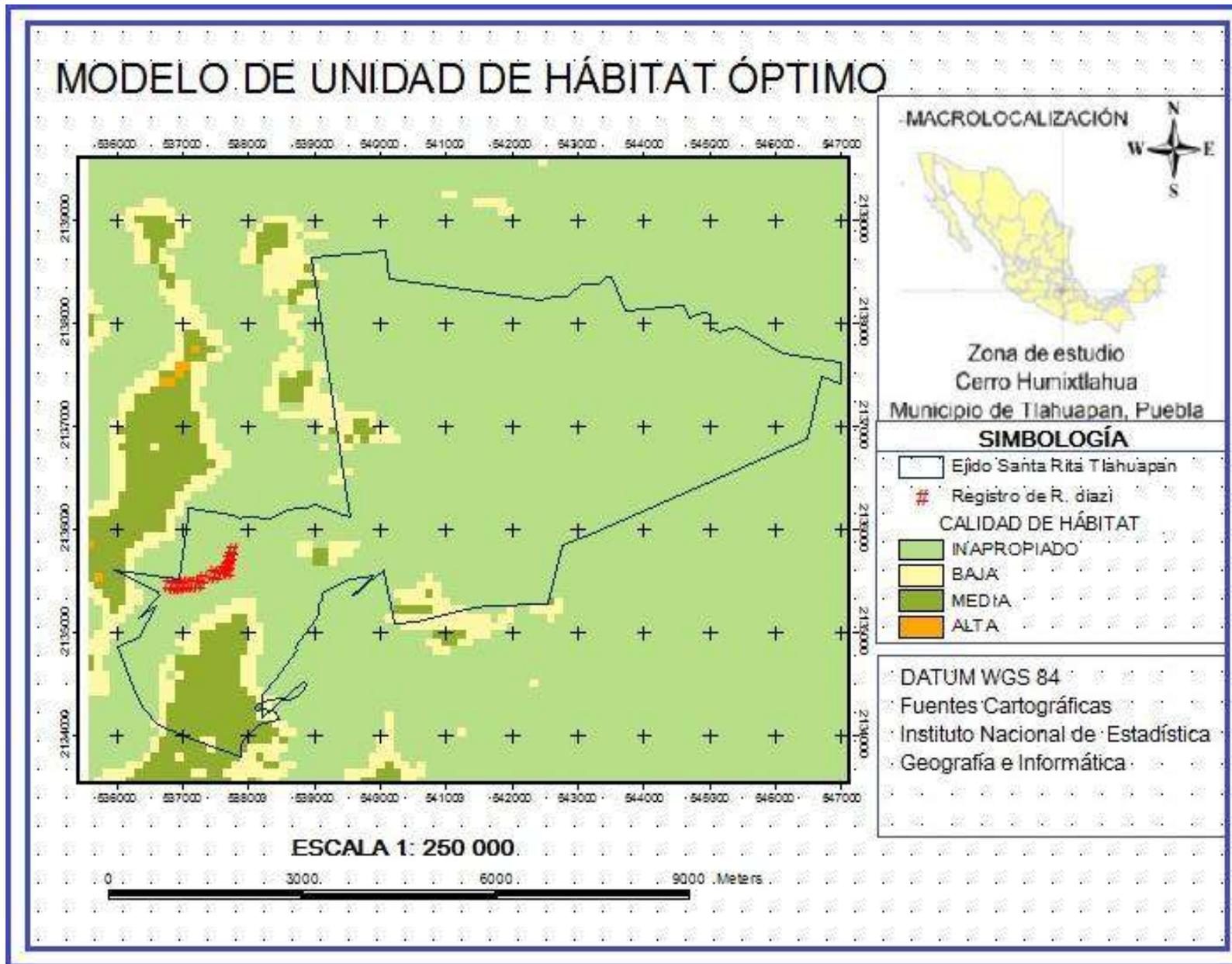


Figura 17.- Mapa final que muestra el área propuesta para conservación, las áreas localizadas fuera del Eje se encuentran dentro del Parque Nacional Izta-Popo

En este paisaje la presión antropogénica es menor al encontrarse alejado de las vías de acceso, las veredas y caminos son poco transitadas (Figura 21) esta zona colinda con la reja perimetral del Parque Nacional Izta-Popo la cual se encuentra aproximadamente a 500 metros de distancia y la cercanía a dicha ANP es favorable para mantener la conexión entre poblaciones.



Figura. 18.- Bosque de pino y de zacatonal presente en el área predicha por el modelo



a)



b)



c)



d)

Figura 19.- Cobertura de gramíneas, a) cobertura en la parte baja del terreno, cercano a vereda, b) y c) cobertura en la parte media d) cobertura en la parte alta del terreno.



Figuras. 20.- a) Excretas b) letrina de *R. diazi*



Figura 21- Camino cercano al área.

DISCUSIÓN

Densidad absoluta

La densidad de población de la colonia de *R. diazi* que habita en el Cerro Humixtlahua es baja si la comparamos con los datos reportados para el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl en un estudio realizado en 2004-2005 donde se reportó una densidad de 526.63 a 354.01 conejos por hectárea (Martínez, 2011).

No obstante esta dentro del intervalo reportado para un sitio perturbado de acuerdo al monitoreo realizado en el año 2011 en el Área de Protección de Flora y Fauna Corredor Biológico Chichinautzin, donde se calculó una densidad de 4.84 a 99 conejos/ km² en los sitios perturbados y una densidad de 60 a 160 conejos/ km² en los sitios conservados (CONANP, 2011).

En cuanto al tamaño poblacional se han realizado estudios en diferentes periodos, en el año de 1986 a 1989, se calculó el tamaño de población que habitaba en el Volcán Pelado, estimándose una población de 6,488 individuos con un rango de 2, 478 a 12, 120 individuos (Velásquez, 1994).

Cervantes y colaboradores en 1990 indicaron que respecto al tamaño poblacional, la mayor concentración de individuos se encontraba en las montañas del Ajusco y, en segundo lugar, en la región de los volcanes Popocatepetl e Iztaccíhuatl. En 1996, se calculó que se contaba con aproximadamente 10,141 zacatuches en total, distribuidos de la siguiente manera: 1,811 en el volcán Pelado, 1,816 en el volcán Tláloc, 3,458 en los volcanes Iztaccíhuatl- Popocatepetl y aproximadamente 3,056 zacatuches en áreas periféricas (Velásquez, 1996).

Actualmente se ha sugerido que la especie ya no se encuentra más en las laderas del lado este del volcán Iztaccíhuatl (Molina *et al.*, 2012).

Si analizamos los datos anteriores es posible vislumbrar que al paso del tiempo la densidad poblacional del zacatuche ha disminuido y algunas poblaciones se

encuentran aisladas unas de otras, aunque la mayoría de los estudios se hayan realizado dentro de un Área Natural Protegida. La disminución en la densidad de población de este lagomorfo endémico obedece a que no se ha logrado frenar la principal amenaza, la fragmentación de su hábitat (Velázquez *et al.*, 1996a; Velázquez, *et al.* 1996b; Velázquez, *et al.* 2011; CONANP, 2011).

De acuerdo con la Dirección General de Vida Silvestre en el año 2010 de nueve áreas potenciales de distribución del zacatuche, su presencia ha sido confirmada únicamente en las sierras Chichinautzin-Ajusco y sierra nevada (volcanes Popocatepetl e Iztaccíhuatl). Las áreas naturales protegidas en las que se ha registrado la presencia de la especie son: 1) Área de Protección de Flora y Fauna Corredor Biológico Chichinautzin, 2) Parque Nacional el Tepozteco y 3) Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl (Molina *et al.*, 2012).

Se ha observado que el 73% de las zonas con presencia confirmada de zacatuche se encuentran fuera de las áreas naturales protegidas de la región (Domínguez-Pérez, 2007; Molina *et al.*, 2012) y dentro del ámbito de distribución aún falta comprobar la presencia de los zacatuches en ciertas áreas, siendo necesario el monitoreo de zonas rurales aledañas donde es posible que se encuentren poblaciones (Martínez, 2011).

Como es el caso de la colonia de zacatuche que se encuentra habitando dentro del territorio del Ejido de Santa Rita Tlahuapan, donde a pesar de que el Cerro Humixtlahua no está dentro de un Área Natural Protegida es zona de influencia del Parque Nacional Izta- Popo, la densidad calculada esta dentro del intervalo reportado para un sitio perturbado con base en los resultados del monitoreo realizado en el Área de Protección de Flora y Fauna Corredor Biológico Chichinautzin (CONANP, 2011), la importancia de la permanencia de estas poblaciones es mantener el flujo génico entre ellas, siendo imprescindible para la conservación del zacatuche identificar y preservar corredores que permitan un mayor movimiento de organismos (Ramírez, 2009).

Modelo de Unidad de Hábitat Óptimo para R. diazi

El Modelo de Unidad de Hábitat Óptimo (MUHO) es un método adecuado para hacer predicciones de la distribución de una especie en áreas pequeñas. La precisión del modelo de calidad de hábitat se ha comprobado en estudios realizados por Díaz (2009) para la Perdiz Roja (*Alectoris rufa*) y Bolívar (2009) con venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*).

El MUHO se enfoca en la caracterización de la región en donde los factores bióticos y abióticos son apropiados para la especie, eligiendo variables ecológicas o atributos con proyección espacial, el Vp contempla las áreas menos accesibles para actividades, por ello el modelo de calidad de hábitat se centra particularmente en la caracterización del nicho realizado (Hirzel y Le Lay, 2008) este modelo permite identificar zonas de distribución actual y potencial de la especie, sus resultados pueden ayudar en la toma de decisiones para establecer áreas destinadas a la conservación de la especie e incluso para designar áreas de restauración del hábitat, evitando su pérdida y fragmentación, sin embargo, deben ser utilizados con precaución para no cometer errores en el manejo de fauna (Delfín-Alfonso *et. al.*, 2009).

La generación del MUHO mediante un HSI depende del conocimiento de la especie de la biología y ecología de la especie, el objetivo de la evaluación y escala de evaluación espacial y temporal (Gallina Tessaro y López-González, 2012).

Es importante no olvidar que la inclusión de variables utilizadas para la evaluación del hábitat debe estar fundamentada en el conocimiento previo de la ecología de la especie y en consecuencia, una mala elección puede generar errores en el cálculo de los valores de hábitat y su disponibilidad (Delfín-Alfonso *et. al.*, 2009).

El estudio se realizó a nivel de paisaje, evaluando (cualitativa y cuantitativamente), clasificando, evaluando y caracterizando los atributos del hábitat (bióticos y abióticos) presentes en la zona, estos son una medida muy

precisa para conocer la potencialidad de cada unidad de hábitat para el mantenimiento de una especie a largo plazo y proporciona un panorama claro para el establecimiento de áreas que puedan ser potencialmente aprovechadas de manera sustentable. Este procedimiento es el más importante con fines de planificación y gestión del manejo de la fauna silvestre, sin embargo, no existen métodos y técnicas exclusivos para este fin, siendo posible realizar la caracterización del hábitat empleando los Sistemas de Información Geográfica (SIG) a una escala de paisaje existiendo numerosos ejemplos uno de ellos es el de Gallina Tessaro y López-González (2012).

Los mapas generados se hicieron a una escala 1: 250 000 en este punto es necesario considerar un problema técnico debido a que la escala puede limitar lo representado en los mapas por lo tanto en la escala empleada se puede pensar que el tamaño de las áreas presentadas es más pequeño (Ortiz-Solorio y Cuanalo de la Cerda, 1984), no obstante, esta escala permite presentar con un detalle suficiente las unidades de hábitat resultantes (Bocco *et al.*, 2009) y al hacer el recorrido en campo por la zona predicha se observó que el área puede ser más pequeña de lo que se muestra en el modelo, ya que el modelo señala dentro del hábitat de media calidad un área en donde no hay presencia de zacatonal pero si hay cobertura de plantas herbáceas, esto se debe a que en los datos de vegetación tomados de INEGI indica la presencia de zacatonal, por lo que sería necesario ajustar en campo la delimitación del área para conservación.

La implementación de sistemas de información geográfica permiten la vinculación de la labor científica con modelos verificados en campo y son importantes para cartografiar el territorio y los recursos naturales, necesarios para la integración del manejo sostenible y el ordenamiento territorial (Velázquez *et al.*, 2003).

Calidad del hábitat del Cerro Humixtlahua

El mapa resultante de la suma de todos los atributos del hábitat calcula un HSI de mediana calidad, al contar con los atributos necesarios para la especie, no obstante el valor de presión antropogénico (Vp) contemplado en el modelo disminuye considerablemente el valor del HSI, la presión por actividades antrópicas se corroboró en campo, esta área se encuentra entre dos veredas, una localizada al norte a una distancia de 300 m. y un camino de terracería localizado al sur a una distancia de 200 m. vía principal de acceso a esa parte del bosque y a la zona de pastoreo que se encuentra en la parte baja del cerro, por lo cual al incluir la capa temática del Vp, el HIS del área analizada es de 0.

El modelo al asignar un valor de 0 en el Cerro Humixtlahua, no quiere decir que no está presente la especie, si no que no es el mejor sitio para conservar, ya que se tienen registros de colonias de teporingo en áreas donde se realizaba pastoreo no intensivo pero con presencia regular de bovinos (Martínez, 2011; CONANP, 2011). En el modelo se le da un valor al factor de actividad antrópica ya que estas actividades tienen un alto impacto en el atributo más importante, la cobertura del estrato herbáceo, que está sumamente relacionada con la presencia del teporingo siendo indispensable una cobertura mínima del 60% (Rangel-Velázquez, 2008).

En el periodo de estudio se registro un cambio en la cobertura, de un 74 % en época seca a un 65% en época de lluvias, esta disminución en la cobertura de gramíneas se debe a que en el área se presento un incendio, posteriormente en 2014 se registro en época de lluvias un porcentaje de suelo cubierto por gramíneas del 41%, un porcentaje menor que el registrado en el periodo anterior, este descenso se atribuye al inicio del manejo forestal en el área, actividad económica principal en la localidad.

No obstante aunado a la pérdida de cobertura también hay una disminución de la disponibilidad de alimento para el teporingo, se ha documentado que su dieta se compone principalmente de plantas del género *Muhlenbergia* sp. (Romero y Velázquez, 1994; Domínguez-Pérez, 2007; Martínez, 2011) respecto al área de

estudio ya se cuenta con datos de los hábitos alimenticios del conejo, documentando que se alimenta principalmente de zacates del género *Muhlenbergia* sp. y encontrando que consume otras especies no reportadas anteriormente (Gaona *et al.*, 2013).

La mayoría de los lepóridos es flexible en la utilización de la vegetación disponible como alimento, pero la pérdida de vegetación tiene otros impactos sobre las especies (Farías, 2011), afectando principalmente las funciones de proporcionar sitios de anidamiento y protección contra depredadores, (Martínez, 2011, Rangel-Velázquez, 2008), como el coyote (*Canis latrans*), víbora de cascabel (*Crotalus triseratus*), cacomixtle (*Bassariscus atutus*) y halcón cola roja (*Buteo jamaicensis*) encontrados en el área (com. per.), presenciando la caza del conejo por halcones en los recorridos a la zona de estudio.

Es por eso que la identificación y modelado de los requerimientos mínimos de hábitat para el teporingo son importantes y necesarios, para conservar o restaurar su hábitat (Martínez, 2011).

Identificación de área prioritaria para la conservación

Los atributos del hábitat analizados en este estudio y utilizados en la generación del Modelo de Calidad de Hábitat Óptimo, son operativos en la zona predicha coincidiendo con lo reportado en la literatura, donde se ha documentado que la presencia y abundancia de *R. diazi* es determinada por dos factores de gran importancia, la altitud y una cobertura de estrato herbáceo del 60% al 70% (Martínez, 2011, Rangel-Velázquez, 2008) donde el hábitat presente: nula accesibilidad, lejos de caminos o veredas y sin presencia de actividades como pastoreo, quema y tala forestal (Martínez, 2011; Domínguez-Pérez A., 2007; Rangel-Velázquez, 2008; Pérez, 2010; CONANP, 2011).

La zona predicha tiene un área de 2, 290,860 m² suficiente para cubrir el ámbito hogareño de 2,500 m² del teporingo (Rangel-Velázquez, 2008), la zona

también presenta una forma regular implicando menor efecto de borde (Valdés, 2011; Castro, 2002), la matriz que la rodea es permeable para la especie en un 100% al presentar un vegetación de bosque de pino con zacatonal y bosque de pino-encino con zacatonal (CONANP, 2011).

Además de acuerdo con el conocimiento biológico de la especie, se sabe que al alcanzar la edad adulta los machos son expulsados de la colonia originando movimientos de dispersión para establecerse y formar nuevas colonias, estos movimientos se dan en diferentes parches de vegetación limitando su distribución y agregaciones por el tamaño de los parches (Romero y Velázquez, 1994), la especie tiene una capacidad cursorial restringida por lo que necesita una matriz permeable que permitan la conectividad entre poblaciones y aunque existan áreas protegidas como en este caso el Parque Nacional Izta-Popo es necesario recordar que las especies animales rigen sus movimientos de acuerdo a sus requerimientos de hábitat (Soto, 2012, Herrera, 2011; Margules y Sarkar, 2009).

La conservación de estos atributos también es importante para evitar que especies simpátricas de lepóridos pueden desplazar a aquellas que no se vean favorecidas por las nuevas condiciones, aunado a esto *R. diazi* es una especie bandera permitiendo conservar otras especies (Farías, 2011) vegetales y animales.

Por lo tanto se propone que esta zona sea considerada para establecer un área prioritaria para la conservación de *Romerolagus diazi* en el Ejido de Santa Rita Tlahuapan, acción que completaría el manejo sustentable del bosque ya que cuenta con una certificación internacional de manejo forestal y participa en el Programa PRONAFOR para el Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos.

Recordemos que el termino de *área para la conservación* incluye a todas aquellas áreas que realizan una función de conservación, estén o no estén estrictamente protegidas (Toledo, 2005; Margules y Sarkar, 2009) y actualmente se encuentran bajo diferentes opciones de manejo que incluyen desde la exclusión permanente de la presencia humana, sitios sujetos a

manejo, al menos parcialmente, la conservación basada en las comunidades e incluso el uso sustentable de algunas especies particulares para conservar la biota que se encuentra en ella. La UICN reconoce que muchos enfoques para el establecimiento y manejo de áreas protegidas son válidos y pueden hacer contribuciones sustantivas a las estrategias de conservación (Duldey, 2008).

Para hacer frente a esta era de creciente cambio en la estructura de los ecosistemas, deterioro de sus servicios ambientales y como consecuencia la extinción de especies, llamada por algunos el “Antropoceno” (Challenger y Dirzo, 2009; Myers *et al.*, 2000) la conservación de la biodiversidad demanda la evolución y planificación en el manejo, que vayan de escalas locales hasta globales (Robles de Benito 2009).

Resulta de vital importancia trabajar desde una perspectiva que involucre tanto la conservación y recuperación de remanentes de ecosistemas naturales como el restablecimiento de la conectividad entre ellos y el manejo de sistemas productivos, estas condiciones son indispensables para lograr una conservación efectiva de la biodiversidad (Herrera, 2011; Simonetti, 2006; Sánchez-Cordero *et al.* 2008). La apuesta por la restitución de la conectividad entre los ecosistemas que aún presentan un buen estado de conservación se debe encaminar a promover procesos de apropiación social del entorno (Robles de Benito, 2009), así la incorporación de tierras privadas resulta indispensable para lograr proteger más especies. La cooperación público-privada para conservar la biodiversidad podría potenciarse asegurándose que la matriz ambiental, usualmente de propiedad privada, contenga condiciones para que sea, al menos ocasionalmente, usada como corredor por las especies silvestres. El destino de muchas especies dependerá de esta nueva etapa de colaboración (Herrera, 2011).

Bajo este contexto el área propuesta es clave para mantener la conectividad, en el caso del conejo de los volcanes es necesario para facilitar la migración y disminuir la probabilidad de extinción (Romero y Velázquez, 1994; Velázquez *et al.*, 2011).

En nuestro país algunas instituciones gubernamentales y privadas, como es el caso de instituciones bancarias, han puesto en marcha programas destinados al apoyo económico de proyectos para la conservación de la biodiversidad, por ejemplo en 2007 se puso en marcha el Programa de Conservación de Especies en Riesgo (PROCER), que por medio de los Programas de Acción para la Conservación de Especies, contempla al zacatuche siendo una de las líneas de acción la identificación e incorporación de áreas prioritarias para su conservación (CONANP, 2014) y adquirir estos recursos para la protección del conejo sería una motivación para los ejidatarios implementar acciones de conservación.

CONCLUSIONES

- ❖ El Cerro Humixtlahua es una zona con alta presión por actividades antropogénicas que repercuten en la estructura de la vegetación del estrato herbáceo, elemento importante para la presencia del teporingo y en consecuencia disminuye la calidad de hábitat.
- ❖ De acuerdo con el Modelo de Unidad de Hábitat Óptimo el Cerro Humixtlahua es un hábitat inadecuado para la *R. diazi*, por lo que no se recomienda para establecimiento como un área de conservación y se sugiere otra estrategia para la zona, como la restauración.
- ❖ Con el Modelo de Unidad de Hábitat Óptimo se identificó un área prioritaria para la conservación de *R. diazi*, dentro del territorio del Ejido de Santa Rita Tlahuapan, que colinda con el Parque Nacional Izta-Popo, que facilita los movimientos de dispersión entre poblaciones.
- ❖ Aunque existe el registro de dos poblaciones de teporingo establecidas dentro del territorio del Ejido de Santa Rita, por las condiciones socioeconómicas de la región y grado de perturbación, es necesario priorizar la conservación del área con mayor calidad de hábitat.

LITERATURA CITADA

1. Albarrán, I. C. (2005). *Aplicación de modelos de nicho ecológico como instrumento para predecir la distribución potencial de algunas especies de aves en las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs)*. Universidad Politécnica de Cataluña.
2. Aranda, M. (2000). Estimación de la abundancia en poblaciones de mamíferos silvestres. En Sánchez, O., Donovarros-Aguilar, M. y J. Sosa-Escalante. (Eds.), *Conservación y manejo de vertebrados en el trópico de México. Diplomado en conservación, manejo y aprovechamiento de vida silvestre*. Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAP, U.S. Fish Wildlife Service, CONABIO, Sierra Madre, Unidos para la Conservación, Universidad Autónoma de Yucatán.
3. Aranda M. (2012). *Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México*. CONABIO. México.
4. Bellido V. BC., Contreras R. V., Flores H. D., Martínez D. AC., Reséndiz S. P., Ricárdez L. DA., Rincón P. A., Silva M. LB., Ramírez-Priego N. (2013). *Condición actual de la población de Romerolagus diazi en Santa Rita Tlahuapan, Puebla*. Memorias del XXI Congreso Nacional de Zoología 2013. Universidad Autónoma de Aguascalientes.
5. Bocco G., Méndez M.E., Priego A., Burgos A. (2009). *La cartografía de los sistemas naturales como base geográfica para la planeación territorial*. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, INE-SEMARNAT.
6. Bolívar, C. (2009). *Análisis del Hábitat Óptimo y Modelado de Nicho Ecológico para la conservación del venado cola blanca en el centro de Veracruz*. Tesis de maestría. Instituto de Ecología A. C. Veracruz, México.

7. Castro N. H., Molina V. F., García M. MR., Múgica de la Guerra M., De Lucio Fernández J.V., Martínez A. C., Sastre O. P., Atauri-Mezquida y Montes del Olmo C. (2002). *Integración territorial de espacios naturales protegidos y conectividad ecológica en paisajes Mediterráneos*. Consejería de Medio Ambiente Junta de Andalucía.
8. Ceballos, G., Rodríguez, P. y Medellín, R. (1998). Assessing conservation priorities in megadiverse Mexico: mammalian diversity, endemism, and endangerment. *Ecological Applications*, (8) 8-17.
9. Cervantes, F., C. Lorenzo, and R. S. Hoffmann. (1990). *Romerolagus diazi*. *Mammalian Species*, 360:1-7
10. Challenger, A., R. Dirzo *et al.* 2009. Factores de cambio y estado de la biodiversidad. *Capital natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México, pp. 37-73.
11. Delfín-Alfonso C. A., Gallina S., López-González C. A. (2009) Evaluación del hábitat del venado cola blanca utilizando modelos espaciales y sus implicaciones para el manejo en el centro de Veracruz, México. *Tropical Conservation Science*. Vol.2 (2):215-228.
12. Díaz Espejo, E. (2004). *Modelización de la calidad del hábitat para la perdiz roja silvestre (Alectoris rufa): el caso de Las ensanchas (Ciudad Real)*. Tesis de licenciatura. Universidad de Lleida.
13. Díaz Hernández, H. (2013). *Evaluación del hábitat del venado cola blanca (Odocoileus virginianus mexicanus) en cuatro unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre de la Mixteca Poblana*. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Puebla, México.

14. Domínguez-Pérez A. (2007). *Efecto del Cambio Climático en la Distribución del Conejo Endémico de México Romerolagus diazi (Lagomorpha: Leporidae)*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
15. Dudley, N. (2008). *Guidelines for applying protected area management categories*. Gland, Switzerland: UICN.
16. Elith, J., Phillips, S. J., Hastie, T., Dudík, M., En Chee, Y., Yates. C. J. (2011). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*, 17 (1), 43-57.
17. Estrada Chavarría, A. (2010). *Patrones espaciales de la flora del Pacífico central costarricense e identificación de áreas importantes para su conservación*. Tesis de maestría. Universidad Estatal a Distancia, Escuela de Ciencias Exactas y Naturales. Programa de Maestría en Recursos Naturales. San José Costa Rica.
18. Farías, G. V. (2011). Conceptos ecológicos, métodos y técnicas para la conservación de conejos y liebres. En Óscar Sánchez, Pablo Zamorano, Eduardo Peters y Héctor Moya (Eds.), *Temas sobre conservación de vertebrados silvestres en México* (229-248). México. INE-SEMARNAT.
19. Fuller, T., Munguía, M., Mayfield, M., Sánchez Cordero, V., Sarkar, S. (2006). Incorporating connectivity into conservation planning: A multi-criteria case study from central México. *Biological conservation*, 133 (2), 131-142.
20. Gallina, S., S. Mandujano y O. A. Villarreal Espino-Barros, (eds.). 2014. *Monitoreo y manejo del venado cola blanca: Conceptos y métodos*. Instituto de Ecología, A. C. y Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Xalapa, Ver. México.

21. Gallina–Tessaro, S. y C. López–González (Eds.). (2012). *Manual de técnicas para el estudio de la fauna*. Instituto de Ecología, A.C., Universidad Autónoma de Querétaro, INE–SEMERNAT. México, D.F. 377 pp.
22. Gaona H. A., Herrera R. M., Leal V. IF., Ovando M. O., Ruíz B. MR., Ramírez-Priego N. (2013). *Análisis de la dieta y densidad poblacional de tres lepóridos (Romerolagus diazi, Sylvilagus cunicularius y S. Floridanus), en un bosque de pino-zacatonal en Santa Rita, Tlahuapan, Puebla*. Memorias del XXI Congreso Nacional de Zoología 2013. Universidad Autónoma de Aguascalientes.
23. Grinnell, J. (1917). The niche-relationships of the California Thrasher. *The Auk*, 427-433.
24. Guisan, A., Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*. 8(9), 993–1009.
25. Halffter, G. (1995). ¿Qué es la biodiversidad? *Boletín de la Institución Catalana de Historia Natural*, 5-14.
26. Herrera B., Finegan, B. (2008). La planificación sistemática como instrumento para la conservación de la biodiversidad: Experiencias recientes y desafíos en Costa Rica. *Ciencias Naturales y Ambiente*. (54), 4.-13.
27. Herrera, J. M. (2011). El papel de la matriz en el mantenimiento de la biodiversidad en hábitats fragmentados. De la teoría ecológica al desarrollo de estrategias de conservación. *Ecosistemas* 20 (2): 21-34.
28. Hirzel, A. H., & Le Lay, G. (2008). Habitat suitability modelling and niche theory. *Journal of Applied Ecology*, 45(5), 1372-1381.

29. Illoldi Rangel, P., Escalante, T. (2008). De los modelos de nicho ecológico a las áreas de distribución geográfica. *Biogeografía*, (3), 7-12.
30. Illoldi R. P., Fuller, T., Linaje, M., Pappas, C., Sánchez Cordero, V., Sarkar, S. (2008). Solving the maximum representation problem to prioritize areas for the conservation of terrestrial mammals at risk in Oaxaca. *Diversity and distributions*, 14(3), 493-508.
31. Jiménez-Valverde A., Lobo J.M., Hortal J. (2008). Not as good as they seem: the importance of concepts in species distribution modelling. *Diversity and Distributions*, 14, 885–890.
32. Koleff, P., Tambutti, M., March, I., Esquivel, R., Cantú, C., Lira-Noriega, A., Moreno, N. (2007). Análisis de vacíos y omisiones en conservación en México. En R. Dirzo, R. González e I. March (comp.), *Capital natural y bienestar social: Segundo Estudio de País*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
33. Koleff, P. y Urquiza-Haas, T. (2011). Cap. 1. Conservación de la Biodiversidad de México: En Koleff, P. y Urquiza-Haas, T. (Eds.), *Planeación, Prioridades y Perspectivas. Planeación para la conservación de la biodiversidad terrestre en México: retos en un país megadiverso*. (pp. 11-21). México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas,
34. Koleff, P., Urquiza-Haas, T., y Contreras, B. (2012). Prioridades de conservación de los bosques tropicales en México: reflexiones sobre su estado de conservación y manejo. *Revista Ecosistemas*, (21) 1-2.
35. Lara Visconti, C. (2010). *Transformación y valoración del paisaje en la Preciosita, Santa Rita Tlahuapan, Puebla y el Programa de*

Ordenamiento Ecológico Regional del volcán Popocatepetl. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Puebla, México.

36. Lozano-Zambrano, F. H. (Ed). 2009. *Herramientas de manejo para la conservación de biodiversidad en paisajes rurales*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). Bogotá, D. C., Colombia. 238 p.
37. Margules, C., Sarkar, S. (2009). *Planeación Sistemática de la Conservación*. (Trad. V. Sánchez Cordero y F. Figueroa). Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional de Áreas Protegidas y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F.
38. Martínez García J. A. (2011). *Densidad, uso y evaluación del hábitat y de la dieta del Romerolagus diazi en el Parque Nacional Izta-Popo, Zoquiapan y anexas*. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados, campus Montecillo.
39. Martínez-García J. A.; Mendoza-Martínez, G. D.; Alcantara-Carbajal, J. L.; Tarango-Arámula L. A.; Sánchez-Torres-Esqueda, Teresa; Rodríguez-de Lara R.; Hernández-García P. A. (2012). Composición de la dieta y capacidad nutricional de carga del hábitat del conejo de los volcanes (*Romerolagus diazi*) en México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, vol. 18, núm. 3, pp. 423-434.
40. Matteucci, S. D. (2006). ECOLOGÍA DE PAISAJES: ¿QUÉ ES HOY EN DÍA?. *Revista Fronteras*, 5, 1-8.
41. Merow, C., Smith, M. J., & Silander, J. A. (2013). A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: what it does, and why inputs and settings matter. *Ecography*, 36(10), 1058-1069.

42. McIntyre, G.A. (1953). "Estimation of Plant Density Using Line Transects". *The Journal of Ecology*, 319-330.
43. Mostacedo, B. y Fredericksen, T. S. (2000). *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*. Santa Cruz, Bolivia. Ed. El País.
44. Molina C. I., Romo C. L. J. y Lallande P. M. (Eds.). (2012). *Programa de Acción para la Conservación de la Especie: Zacatuche, Romerolagus diazi*. (1a Ed.) México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
45. Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A., Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403 (6772), 853-858.
46. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación diciembre 2010.
47. Ortiz- Solorio C. A., Cuanalo de la Cerda H. E., (1984). *Metodología del levantamiento fisiográfico. Un sistema de clasificación de tierras*. (2da ed). Colegio de Postgraduados de Chapingo. México
48. Pérez Campos R. (2010). *Plan de Manejo Tipo para el conejo Teporingo (Romerolagus diazi)*. México. SEMARNAT.
49. Peterson, T. (2006). Uses and requirements of ecological models and related distributional models. *Biodiversity Informatics*. (3), 59-72.

50. Phillips, S. J., Anderson, R. P., Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190 (3), 231–259.
51. Phillips, S. J. y Dudík, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* (31), 161-175.
52. Pinto Ledezma J. N. (2009). *Determinación de áreas de protección especial para la conservación de aves migrantes en la Reserva Mar Chiquita*. Tesis de Maestría Universidad Nacional de Córdoba. Argentina
53. Ramírez, G. A. (2006). *Ecología: métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades*. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.
54. Ramírez S. J. P. (2009). *Diversidad Génética entre las poblaciones del conejo zacatuche (Romerolagus diazi)*. Tesis de Doctorado. Instituto de Biología, UNAM.
55. Rangel, H. y A. Velázquez. 2008. *El efecto del fuego en la persistencia de las poblaciones del zacatuche (Romerolagus diazi), en México: Un enfoque multiescalar*. Tesis de Maestría, Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM México.
56. Razola, I., Benayas, J. R., De la Montaña, E., y Cayuela, L. (2006). Selección de áreas relevantes para la conservación de la biodiversidad. *Revista Ecosistemas*, 15(2).
57. Robles de Benito, R. (2009). *Las Unidades de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre y el Corredor Biológico Mesoamericano, México*. CONABIO. México, DF.

58. Rojas, P. M. (1951), *Estudio biológico del conejo de los volcanes (género Romerolagus) (Mammalia: Lagomorpha)*. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México.
59. Romero J.F. y A. Velázquez, 1994. *El Conejo Zacatuche. Tan lejos de Dios y tan cerca de la Ciudad de México*. Instituto Nacional de Ecología-Consejo Nacional de la Fauna.
60. Sánchez-Cordero, V., Cirelli, V., Munguía, M. y Sarkar, S. (2005). Place prioritization for biodiversity representation using species ecological niche modeling. *Biodiversity Informatics*, 2.
61. Sánchez Cordero V., Illioldi, R. P., Linaje, M., Fuller, T. y Sarkar, S. (2008). ¿Porqué hay un costo en posponer la diversidad biológica en México? *Biodiversitas*, (76), 7-12.
62. CONANP. (2013). Programa de Manejo Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl. México. Consultado en línea 04 de Diciembre de 2104 en http://iztapopo.conanp.gob.mx/documentos/programa_de_manejo_izta_popo.pdf
63. Silva, L., Romero, F. J., Velázquez, A., & Almeida-Leñero, L. (1999). La vegetación de la región de la montaña del sur de la cuenca de México. En Velázquez A, Romero FJ. (Comp.) *Biodiversidad de la región de montaña del sur de la cuenca de México*. Universidad Autónoma Metropolitana-Secretaría del Medio Ambiente. 66-95. México.
64. Simonetti, J. A. (2006). Conservación de biodiversidad en ambientes fragmentados: el caso del bosque maulino. *Biodiversidad en ambientes fragmentados de Chile: patrones y procesos a diferentes escalas*, 215-231.

65. Soberón J. (2012). *Las probabilidades de Maxent*. Consultado en línea el 02 de Junio del 2014 en <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnxuaWNoZXNhbmRhcmVhc29mZGlzdHJpYnV0aW9ufGd4OjU0ZTE0MDE3ZTJIMTU3NGI>
66. Soto N. C., (2012). *Patrones de distribución, abundancia e interacciones entre carnívoros simpátridos en un área mediterránea protegida*. Tesis de Doctorado. Universidad de Sevilla. España.
67. Soutullo, A. (2006). *Marco conceptual para la planificación de la conservación de la diversidad biológica: implicancias para el diseño de sistema de áreas protegidas en Uruguay*. Proyecto fortalecimiento del proceso de implementación del sistema de Áreas Protegidas. Uruguay.
68. Toledo, V M. (2005). Repensar la conservación: ¿áreas naturales protegidas o estrategia bioregional? *Instituto Nacional de Ecología. Gaceta Ecológica* (77), 67-83.
69. Valdés, A. (2011). Modelos de paisaje y análisis de fragmentación: de la biogeografía de islas a la aproximación de paisaje continuo. *Ecosistemas* 20(2-3):11-20
70. Velázquez, A., Cervantes, F. A., & Galindo-Leal, C. (1993). The volcano rabbit *Romerolagus diazi*, a peculiar lagomorph. *Lutra*, 36, 62-62.
71. Velázquez A. (1994). Distribución and population size of *Romerolagus Diazii* on El Pelado volcano. México. *J. Mammal.* 75:743-749.
72. Velázquez, A., Romero, F. J., y López-Paniagua, J. (1996a). *Ecología y conservación del conejo zacatuche y su hábitat*, 73-86. México. Ediciones Científicas Universitarias.

73. Velázquez A., Romero F. J., León L. (1996b). Cap. 6 *Fragmentación del hábitat del conejo zacatuche*. En Alejandro Velázquez, Francisco J. Romero, Jorge López Panuiagua (Eds.) *Ecología y conservación del zacatuche y su hábitat* (pp. 73 a 86). México. Ediciones Científicas Universitarias.
74. Velázquez Montes, J. A. 1996. *Taller internacional para la conservación de los conejos y liebres mexicanos en peligro de extinción y Estudio de los Lagomorfos*. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. J006. México D. F.
75. Velázquez, A., Larrazábal, A., Romero F. J. (2011). Del conocimiento específico a la conservación de todos los niveles de organización biológica. El caso del zacatuche y los paisajes que denotan su hábitat. *Investigación Ambiental Ciencia y Política pública*. Vol. 3 No. 2
76. Warren, L., Seifert, N., (2011). Ecological niche modeling in Maxent: the importance of model complexity and the performance of model selection criteria. *Ecological Society of America. Ecological Applications*. 2 (21), 335–342.
77. Formulario de propuesta de Reserva de Biosfera - Febrero de 2004. UNESCO - Programa el Hombre y la Biosfera (MAB). Consultado en línea el 08 de febrero de 2014 en http://iztapopo.conanp.gob.mx/documentos/MaB/RB_LOSVOLCANES.pdf.
78. Monitoreo de la población de teporingo (*Romerolagus diazi*) en el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl Zoquiapan. (2010). Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Consultado en línea 20 de mayo de 2014 en <http://www.conanp.gob.mx/acciones/fichas/lzta/teporingo/info/info.pdf>.

79. Área de Protección de Flora y Fauna Corredor Biológico Chichinautzin. (2011). Monitoreo del zacatuche (*Romerolagus diazi*) en el Área de Protección de Flora y Fauna Corredor Biológico Chichinautzin. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Consultado en línea 21 de mayo 2014 en <http://www.conanp.gob.mx/acciones/fichas/zacatuche/zacatuche.pdf>.
80. <http://www.elocal.gob.mx/work/templates/enciclo/EMM21puebla/municipios/21180a.html>. Consultado en línea el 13 de enero de 2014.
81. <http://iztapopo.conanp.gob.mx/mapa.php> Consultado en línea el 13 de enero de 2014.
82. Nichos y áreas de distribución. <http://nicho.conabio.gob.mx/calibracion-del-modelo/maxent>. Consultado en línea 17 de Noviembre de 2014.
83. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Tlahuapan, Puebla Clave geoestadística 21180. (2009). Consultado en línea 03 de diciembre de 2014 en [http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos geograficos/21/21180.pdf](http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos/geograficos/21/21180.pdf).
84. http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/ordenamientoecologico/Documents/documentos%20ordenamiento/zip/manual_poe_anexos_6_12.pdf CONSULTADO 07/01/2015, 20:07.
85. PROCER: Programa de Conservación de Especies en Riesgo. Consultado en línea el 20 de noviembre de 2014 en <http://procer.conanp.gob.mx/>

86. Índice de Aptitud de Hábitat. Cátedra de Protección y Conservación de la Naturaleza. Consultado en línea 07 de enero del 2015 en <http://www.fcnym.unlp.edu.ar/catedras/proteccion/tp3/tp3.pdf>.

87. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Portal de Geoinformación. Sistema Nacional de información sobre biodiversidad.

http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/dipol/estata/destdv250k_2gw