



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

LAS LUCIÉRNAGAS COMO ESPECIE BANDERA EN MÉXICO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

PRESENTA:

ANDREA JACKELINE SÁNCHEZ REGALADO

JURADO DE EXAMEN

DIRECTORA: DRA. SARA LÓPEZ PÉREZ

ASESOR: DR. GEOVANNI M. RODRÍGUEZ MIRÓN

ASESORA: DRA. PAULINA CIFUENTES RUIZ

SINODAL: DR. DAVID NAHUM ESPINOSA ORGANISTA

SINODAL: M. EN C. FLORENCIA BECERRIL CRUZ

COLECCIÓN COLEOPTEROLÓGICA, MUSEO DE ZOOLOGÍA



CIUDAD DE MÉXICO

4 de marzo de 2024



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Dedico con todo mi corazón mi tesis a mi abuelo, quien fue el motivo de mis logros y metas, la persona que siempre me alentó y me aconsejo para que diera lo mejor de mí. Tú me enseñaste a ser perseverante y a disfrutar los pequeños detalles de la vida.

Ismael Sánchez Guzmán

Agradecimientos

A la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza por todo el apoyo en mi formación académica y por permitirme formar parte de esta institución para crecer personal y profesionalmente.

A la Dra. Sara López Pérez, quien fue la directora de este proyecto y siempre creyó en mí y en mis capacidades. Gracias por ser una excelente profesora y persona.

Al Dr. Geovanni Miguel Rodríguez Mirón por acercarme al mundo de los escarabajos y ser una guía en este proceso.

Al Dr. Ishwari Geovani Gutiérrez Carranza y el Dr. Daniel Edwin Domínguez León por compartir la información de su investigación conmigo, compartirme su conocimiento, así como responderme las dudas que tuve en el camino.

A la Dra. Margarita Santiago Alvarado por ayudarme con la elaboración de mi modelo de distribución potencial.

A mis amigos y amigas Arely, Arzu, José y Andrea quienes fueron incondicionales y siempre me apoyaron en el ámbito personal y académico. Gracias por tantas vivencias y por estar conmigo en las buenas y las malas.

A mi mejor amigo de la universidad y compañero Marco Etian Carrillo García por ser parte fundamental de mi proceso académico, gracias por compartirme tu conocimiento y apoyarme cuando me sentía perdida en este ámbito, sin tu apoyo no hubiera podido ser posible concluir este proyecto, gracias por creer en mí y darme siempre las fuerzas y la motivación.

A mi familia, por cuidar de mí y apoyarme con lo indispensable para mi desarrollo escolar. Gracias mamá y abuela por ser mis guías y siempre motivarme a seguir adelante y no rendirme. A mi hermano y mi tía por ser mi apoyo emocional.

A mi mejor amigo Federico Antonio Reyes Martínez por ser un amigo leal e incondicional en todo momento, gracias por compartirme tu experiencia y ser una inspiración para mí.

A mis mejores amigas de la infancia Joseline, Vanesa y Viviana a quienes considero mis hermanas, gracias por preocuparse por mí, por estar en los mejores y peores momentos de mi vida, y ser siempre leales.

Índice	
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
MARCO TEÓRICO.....	4
Especies sucedáneas.....	4
Luciérnagas	7
ANTECEDENTES	11
JUSTIFICACIÓN	14
OBJETIVO GENERAL	14
Objetivos particulares.....	14
MATERIALES Y MÉTODOS	15
Metodología para realizar el MNE	16
Tabla 1. Datos georreferenciados de <i>Photinus palaciosi</i>	16
RESULTADOS.....	23
TLAXCALA	25
Sitios de avistamiento de Tlaxcala	26
PUEBLA	30
Sitios de avistamiento de San Salvador el Verde.....	31
Sitios de avistamiento de Tlahuapan.....	31
Sitio de avistamiento de Tlatlauquitepec	32
ESTADO DE MÉXICO	34
Sitios de avistamiento de Amecameca.....	34
Sitio de avistamiento de Coacalco de Berriozábal.....	35
Sitio de avistamiento de Temascaltepec.....	36
Sitio de avistamiento de Ocoyoacac	37
Sitio de avistamiento de Tepotzotlán.....	38
Sitio de avistamiento de Ixtapaluca.....	39
MICHOACÁN	40
Sitios de avistamiento de Tlalpujahuá.....	41
QUERÉTARO.....	42
Sitio de avistamiento de Amealco	43
Sitio de avistamiento de Ezequiel Montes.....	43

OAXACA.....	45
Sitio de avistamiento de Heroica Villa Tezoatlán de Segura y Luna	46
CIUDAD DE MÉXICO.....	48
Bosque de Tlalpan.....	48
Modelo de distribución potencial.....	53
Primer modelo de <i>Photinus palaciosi</i>	54
Segundo modelo de <i>Photinus palaciosi</i>	57
Reclasificación del modelo de <i>Photinus palaciosi</i>	57
Modelo de distribución potencial con la capa de uso de suelo y vegetación.....	59
DISCUSIÓN	60
CONCLUSIÓN	70
REFERENCIAS.....	72
Apéndice 1.	96

Índice de figuras

Figura 1. Establecimiento del espacio M en el programa Qgis.....	18
Figura 2. Ejemplo del recorte de la variable bioclimática 11 con M en Qgis.	19
Figura 3. Configuración del algoritmo y construcción del modelado en Maxent....	20
Figura 4. Matriz de correlación de las variables en Rstudio.	21
Figura 5. Comparación y descarte de variables.	21
Figura 6. Modelo ajustado en Maxent solo tomando las variables 7, 9 y 15.	22
Figura 7. Reclasificación del modelo.....	23
Figura 8. Sitios de avistamiento en Tlaxcala, municipio de Nanacamilpa.	29
Figura 9. Especies presentes en Tlaxcala, a) Vista dorsal de <i>Photinus palaciosi</i> , b) Vista dorsal de <i>Photinus chapingoensis</i> . Fotografías proporcionadas por el Laboratorio del Dr. Zaragoza del Instituto de Biología UNAM.	29
Figura 10. Sitios de avistamiento en Puebla, municipios de Tlahuapan, San Salvador el Verde y Tlatlauquitepec.....	33
Figura 11. Sitios de avistamiento en EDOMEX, municipios de Coacalco de Berriozábal, Tepetzotlán, Ixtapaluca, Ocoyoacac, Temascaltepec y Amecameca.	40

Figura 12. Sitios de avistamiento en Michoacán, municipio de Tlalpujahua.....	42
Figura 13. Sitios de avistamiento en Querétaro, municipios de Amealco de Bonfil y Ezequiel Montes.....	45
Figura 14. Sitio de avistamiento en Oaxaca, municipio de Heroica Villa Tezoatlán.	47
Figura 15. Sitio de avistamiento en Ciudad de México.....	49
Figura 16. Sitios donde se observó a <i>Photinus palaciosi</i> en el Bosque de Tlalpan, a) sendero, b) arbustos, c) punto más abundante de machos, d) sendero con mayor paso peatonal.....	50
Figura 17. Sitio con más puntos oscuros donde no permeaba tanto la luz artificial en el Bosque de Tlalpan.....	51
Figura 18. Sitios donde se observó a <i>Photuris lugubris</i> en el Bosque de Tlalpan, a) sendero y b) sitio con mayor presencia de <i>Photuris lugubris</i>	51
Figura 19. Sitios donde se observó a <i>Photinus extensus</i> en el Bosque de Tlalpan.	52
Figura 20. Sitio de avistamiento de <i>Photinus corrusca</i> en el Bosque de Tlalpan. .	52
Figura 21. Primer modelo de distribución potencial de <i>Photinus palaciosi</i> con las 19 variables climaticas.	55
Figura 22. Prueba de Jacknife del primer modelo de <i>Photinus palaciosi</i>	56
Figura 23. Curva ROC del primer modelo de <i>Photinus palaciosi</i>	56
Figura 24. Segundo modelo de distribución potencial de <i>Photinus palaciosi</i> con las tres variables climáticas seleccionadas BIO 7, BIO 9 y BIO 15.....	57
Figura 25. Curva ROC del segundo modelo de <i>Photinus palaciosi</i>	58
Figura 26. Modelo de distribución potencial de <i>Photinus palaciosi</i> reclasificado...	58
Figura 27. Modelo de distribución potencial de <i>Photinus palaciosi</i> con la vegetación asociada a la capa de uso de suelo y vegetación.	59

RESUMEN

México es un país betadiverso y su conservación es primordial, una forma de conservación es la elección de especies sucedáneas, dentro de estas se encuentran las especies bandera que son especies carismáticas que sirven como símbolo para atraer el apoyo gubernamental, del público o de posibles donantes para la implementación y desarrollo de programas de conservación que involucren a la especie. Para conocer el impacto de la luciérnaga como especie bandera en México, se realizó una investigación exhaustiva en plataformas de internet, páginas gubernamentales y literatura especializada para conocer los santuarios o lugares de avistamiento de luciérnagas que hay en México, así como la flora y fauna de cada sitio de avistamiento. Además, se realizó un recorrido en el Bosque de Tlalpan donde hay presencia de espectáculos luminosos no abiertos al público. De más de 50 lugares de avistamiento registrados en México se encontró información de 33, los cuales se encuentran distribuidos en siete estados diferentes: Tlaxcala, Puebla, Estado de México, Michoacán, Querétaro, Oaxaca y la Ciudad de México. La mayoría de los lugares de avistamiento se encuentran generalmente en zonas húmedas con vegetación de bosque templado, cuyas especies representativas son los pinos, encinos y oyamel en cuanto a flora y venado cola blanca, teporingo, armadillo, tlacuache, zorra gris, etc. en cuanto a fauna, mismas especies que se protegen al fungir las luciérnagas como especie bandera. Las especies de luciérnagas que se presentan en los sitios de avistamiento de Nanacamilpa en Tlaxcala son *Photinus palaciosi* y *P. chapingoensis*. En el estado de Puebla, en los sitios de avistamiento del municipio de Tlahuapan las especies de luciérnaga registradas son *P. palaciosi* y *P. producta*, en los sitios de avistamiento de los municipios de San Salvador el Verde y Tlatlauquitepec se desconoce la especie, pero por su ubicación muy probablemente sea *P. palaciosi*. En los sitios de avistamiento del Estado de México se registraron las especies *P. palaciosi*, ficado *P. alexi*, *P. dugesi*, *P. extensus*, *Photuris lugubris*, *Pyropyga alticola*, *P. marquezii*, *P. morronei* y *P. lucilae*. En la Ciudad de México en el Bosque de Tlalpan se han registrado las luciérnagas *P. palaciosi*, *P. extensus*, *Photuris lugubris* y *P. corrusca*. Se desconoce la especie de luciérnaga presente en los sitios de avistamiento de Michoacán, Querétaro y Oaxaca. De acuerdo con un análisis de distribución potencial de *P. palaciosi* realizado para poder sugerir a *P. palaciosi* como especie bandera en los lugares que potencialmente se presente al ser la única especie que cumple con este papel, se señala que esta especie se puede encontrar distribuida en la parte Este del Eje Volcánico.

INTRODUCCIÓN

La biodiversidad es una pieza fundamental como sistema de soporte de la vida en el planeta ya que proporciona servicios ambientales básicos para los seres humanos como a la salud, la producción de recursos, los valores culturales y escénicos (Casco *et al.*, 2008; Luna-Plascencia *et al.*, 2011). Sin embargo, existen factores sociales, económicos, tecnológicos y culturales que llevan a la degradación y pérdida de biodiversidad. Las principales causas de amenazas y extinción de especies son la reducción y degradación de hábitats, ya sea por deforestación, fragmentación, contaminación, catástrofes, especies exóticas e invasoras o cambio climático. La cacería y extracción selectiva, la erradicación de las poblaciones silvestres y las enfermedades, la urbanización, habilitación de zonas agrícolas también contribuyen a la reducción de especies (Sarukhán *et al.*, 2012; Torres-Mura *et al.*, 2008).

La conservación de la biodiversidad en México ha pasado por diversas etapas, resultado tanto de las dinámicas culturales y socioeconómicas nacionales, como de la influencia de tendencias y concepciones internacionales. Las acciones de conservación en México iniciaron formalmente con la veda del Mineral del Chico en Hidalgo a mediados del siglo XIX y con la protección del Desierto de los Leones en 1876, siendo este último decretado como el primer Parque Nacional de México en 1917 (CONANP, 2005).

En la actualidad se busca que la conservación biológica sea acorde con la idea de satisfacer las necesidades humanas sin comprometer la salud de los ecosistemas (Callicott y Mumford, 1997). Se da por sentado que dicha

sustentabilidad ecológica es complementaria a la conservación de las áreas silvestres, y que estas áreas sean representativas de la biodiversidad de una región o un país. Sin embargo, se debe tener en cuenta que dada la heterogeneidad de México y la elevada biodiversidad que alberga existe un enorme reto para conocerla y conservar porciones representativas de la misma (Sarukhán *et al.*, 2009).

Se ha reconocido que nuestro país es altamente beta-diverso; es decir, la composición de especies cambia notablemente entre distintas regiones y localidades, por lo que es imposible lograr la representación de todas las especies en un número definido de sitios, aun cuando nos enfoquemos tan solo en algunas regiones, como son las de mayor interés para la conservación (Cantú *et al.*, 2009). Una forma de conservación es la elección de especies sucedáneas como el jaguar.

En México surgió en 2007 el proyecto “Fortalecimiento del manejo del Sistema de Áreas Protegidas para mejorar la conservación de especies en riesgo y sus hábitats” (también conocido como: Proyecto Especies en Riesgo), el cual da continuidad y fortalece a los programas y acciones llevadas a cabo en el país en aras de la conservación del jaguar, al mismo tiempo que contribuye al cumplimiento de metas y compromisos internacionales de conservación suscritos por el Gobierno de México. Dicho proyecto es resultado del trabajo conjunto entre la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF por sus siglas en inglés) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD México) (Cruz-Molina *et al.*, 2020). La sobrevivencia del jaguar depende esencialmente de la permanencia de grandes extensiones de hábitat

conectado, abundancia de presas silvestres y un estricto control de las actividades humanas que ejercen presión directa contra individuos de la especie, como el tráfico ilegal y la cacería de represalia. Utilizar al jaguar como especie sucedánea en proyectos de conservación trae consigo muchas ventajas, las cuales son diversas y están fundamentadas en sus características (Conde *et al.*, 2011).

MARCO TEÓRICO

Especies sucedáneas

Las especies sucedáneas son indicadores ecológicos a nivel de especies, cumplen diferentes funciones como: señalar los cambios ambientales por actividad antropogénica (Caro y O'Doherty, 1999), señalar cambios poblacionales de especies particulares (Noss, 1990; Noss *et al.*, 1996; Steneck, 2005), identificar áreas con una riqueza de especies (Andelman y Fagan, 2000; Thomson *et al.*, 2005), identificar áreas prioritarias para la conservación (Yerena, 1994; Noss *et al.*, 1996; Sanderson *et al.*, 2002; Ozaki *et al.*, 2006) y atraer la atención pública o el apoyo para el desarrollo de programas de conservación (Simberloff, 1998; Ray, 2005). Cuatro categorías recogen toda esta diversidad de conceptos y funciones: las especies indicadoras, paraguas, bandera y clave (Simberloff, 1998; Favreau *et al.*, 2006).

Las especies indicadoras son aquellas que por sus características pueden ser utilizadas como estimadoras de los atributos o estatus de otras especies o condiciones ambientales de interés que resultan difíciles, inconvenientes o costosos de medir directamente (Caro y O'Doherty, 1999; Fleishman *et al.*, 2001).

Las especies paraguas son especies que requieren de grandes extensiones para el mantenimiento de poblaciones mínimas viables, por lo que garantizar la conservación de sus poblaciones implica la protección de poblaciones de otras especies simpátricas (Berger, 1997; Roberger y Angelstam, 2004; Favreau *et al.*, 2006). Han sido utilizadas para la selección y diseño de áreas protegidas (Noss *et al.*, 1996; Caro y O'Doherty, 1999; Hitt y Frissell, 2004).

Las especies bandera son especies carismáticas que sirven como símbolo para atraer el apoyo gubernamental, del público o de posibles donantes, para la implementación y desarrollo de programas de conservación que involucren a la especie bandera y a las especies menos llamativas con las que pudiera estar asociada (Noss, 1990; Andelman y Fagan, 2000; Carignan y Villard, 2002; Caro, 2003). Los atributos que bastan para que la especie bandera cumpla con sus objetivos es ser llamativa y que atraiga la atención (Noss, 1990; Caro y O'Doherty, 1999).

Las especies clave pueden ser organismos productores de enfermedades como la bacteria del ántrax, proveedores de recursos, mutualistas y modificadores o ingenieros de ecosistemas. Entre sus numerosas funciones están la alteración del paisaje. Se consideran especies clave aquellas cuya actividad genera un efecto sobre las especies de la comunidad que excede considerablemente el esperado según su biomasa o abundancia (Noss, 1990; Simberloff, 1998; Andelman y Fagan, 2000; Carigman y Villard, 2002).

Una misma especie puede caer dentro de los diferentes conceptos de especies sucedáneas, como especie clave, paraguas, indicadora y bandera, por ejemplo, el jaguar.

1. El jaguar como especie clave: Como depredadores, son claves en el equilibrio de los ecosistemas, no sólo por la presión que ejercen extrayendo individuos del sistema, sino también porque condicionan el comportamiento de las presas (Conde *et al.*, 2011).
2. El jaguar como especie paraguas: El “efecto paraguas” del jaguar significa que las actividades que se desarrollen para su conservación deberán incluir necesariamente las que directamente garanticen la salud del ecosistema: presencia sana, abundante y diversa de los herbívoros que son su presa y, por tanto, también de las plantas de las que se alimentan estos herbívoros. Al conservar esta especie en vida libre, conservando su hábitat en buen estado, se beneficia una gran diversidad de seres vivos con los que coexiste (Conde *et al.*, 2011).
3. El jaguar como especie indicadora: La presencia de una población viable de jaguares es un indicador del buen estado de salud del ecosistema, ya que hace evidente la existencia de presas suficientes para mantener la población de depredadores. Un ecosistema íntegro, con capacidad de brindar múltiples servicios ambientales a largo plazo, es aquél que puede mantener viables sus poblaciones de depredadores (Conde *et al.*, 2011).
4. El jaguar como especie bandera: Este animal reúne una serie de cualidades estéticas sumamente valoradas por el hombre. La armonía y el equilibrio, así

como la elegancia y plasticidad de sus movimientos y sus formas producen un efecto estético de poderosa belleza. Esto ha permitido aprovechar al jaguar para abordar aspectos sociales y dar impulso a actividades productivas alternas o adicionales, como el desarrollo de proyectos ecoturísticos y otras posibilidades de desarrollo sustentable. Por otra parte, su característica de especie emblemática de sus ecosistemas promueve diversas acciones apoyadas en la imagen de la especie, al utilizarla como bandera y motivo de orgullo local (Conde *et al.*, 2011).

A pesar de la gran diversidad de insectos, son muy pocas las especies que se han utilizado como especies sucedáneas. Algunas de las especies que se han utilizado son la mariposa monarca, la cual es emblema de siete estados de los Estados Unidos, una provincia canadiense y un estado mexicano (Oberhauser y Prysby, 2008). Otro claro ejemplo es la mariposa Karner azul, históricamente vivió en la sabana de robles o en hábitats áridos de pinos desde el noreste de los Estados Unidos hasta el sureste de Minnesota (Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los EE. UU., 2003; Oberhauser y Guiney, 2009).

Luciérnagas

Las luciérnagas son escarabajos pertenecientes a la familia Lampyridae, tienen impresionantes exhibiciones bioluminiscentes que las convierten en uno de los insectos más carismáticos de la tierra (Lewis, 2016; Oba *et al.*, 2011; Ohba, 2004). La luz la emiten a través de órganos luminosos que presentan hembras y machos en los ventritos claros que se encuentran en la parte posterior del abdomen (Campos *et al.*, 2017). Las luciérnagas se caracterizan de los demás escarabajos

por tener una forma ovalada alargada o alargada, su tamaño llega a ser de 4-18 mm, tienen una coloración variada que puede ser negro, marrón, carboncillo, perla u oliváceo, con áreas de rosa, rojo, amarillo o salmón, especialmente en el pronoto (Arnett *et al.*, 2002). La cabeza puede estar parcialmente cubierta por el pronoto, los ojos están de forma lateral, en los machos están más desarrollados. Las antenas están insertadas cerca de las mandíbulas, generalmente se componen de 11 segmentos, pero pueden variar de 9 a 20. Los élitros están provistos de aberturas cuticulares glandulares y pliegues epipleurales anchos o reducidos; los machos tienen siete ventritos visibles en el abdomen que corresponden a los segmentos II-VII, son alados, mientras que las hembras pueden ser braquípteras o sin alas (Campos *et al.*, 2017; Arnett *et al.*, 2002).

La familia Lampyridae cuenta con aproximadamente 2500 especies incluidas en 144 géneros, que se distribuyen en todos los continentes excepto en la Antártida (Branham, 2010; Martin *et al.*, 2019; Ferreira *et al.*, 2020; Silveira y Vaz 2022; Zaragoza-Caballero *et al.*, 2020a). Tienen una gran diversidad en las regiones Oriental y Neotropical, principalmente en regiones húmedas y pocas en regiones áridas (Campos *et al.*, 2017; Branham, 2015). En México se han descrito cerca de 300 especies incluidas en 25 géneros, lo que representa aproximadamente el 10% de la diversidad de lampíridos a nivel mundial (Zaragoza-Caballero *et al.*, 2021, 2023; Ferreira *et al.*, 2022; Pérez-Hernández *et al.*, 2022).

Las luciérnagas presentan un ciclo de vida generalmente anual, las larvas siempre presentan órganos luminosos y suelen ser acuáticas, semiacuáticas o terrestres. Sin embargo, rara vez se ven, ya que la mayoría de ellas están activas

sólo por la noche (Hess, 1920). Su alimentación consiste en caracoles, lombrices y pequeños artrópodos. De acuerdo con Vaz *et al.* (2020), las etapas inmaduras son parte crucial del nicho ecológico de las especies, ya que la mayoría de las especies no se alimentan como adultos y dependen de los recursos reunidos durante la etapa larval. Los adultos solo viven para reproducirse (Zaragoza-Caballero *et al.*, 2020b).

Una de las características más llamativas de las luciérnagas es el fenómeno de bioluminiscencia, desde finales del siglo XIX se conoce que la bioluminiscencia es una forma de comunicación sexual en las luciérnagas adultas, pero no solo tiene esta función, la bioluminiscencia se presenta en todos sus estadios: huevo, larva, pupa y adulto, la hipótesis más sólida que se ha propuesto para explicar este hecho es que la función de comunicación sexual sea una adaptación secundaria a partir de una función anterior aposemática (de advertencia) en las larvas (Sivinski, 1981; DeCock y Mathyssen, 1999; Day *et al.*, 2004; Day y De Cock, 2011). Es decir, que la bioluminiscencia hubiera evolucionado inicialmente para cumplir otra finalidad y hubiera sido reorientada para advertir de la mala elección que supone para un depredador ingerir este tipo de presa, lo que obliga a que esté acoplada a otros mecanismos defensivos, como el mal sabor o la indigestibilidad (Guzmán y De Cock, 2023).

La ruta bioquímica que genera la luminosidad es compartida por los taxones de animales que producen bioluminiscencia. Por otro lado, las larvas de todas las especies de luciérnagas producen luz, aunque en algunos casos los adultos no tengan esta capacidad (McDermott, 1964), lo que refuerza la hipótesis del carácter ancestral de este rasgo.

En los adultos, el órgano fotógeno está situado en el sexto y séptimo segmentos ventrales (Mejía, 2019). La bioquímica del proceso está constituida por las reacciones luciferina-luciferasa, en las que una sustancia luminiscente (luciferina) es oxidada por la acción catalizadora de una enzima (luciferasa). Un componente indispensable en esta reacción es el ATP (Ilyiná *et al.*, 1998).

El sistema bioluminiscente de las luciérnagas se utiliza ampliamente en microanálisis para diagnóstico de la contaminación del medio ambiente, para control de calidad de los productos de la industria alimenticia, para la detección de la cantidad de los microorganismos durante los procesos de fermentación y en las muestras biológicas de laboratorios de investigación o clínicos, etc (Ugarova y Brovko, 1981). La aplicación se fundamenta en la alta especificidad de la luciferasa de las luciérnagas por sus sustratos, los cuales son ATP y luciferina, y puede extenderse para el análisis de un gran número de sustancias las cuales participan en las reacciones que involucran la producción o utilización de los mismos (Ugarova y Brovko, 1981).

Además, las luciérnagas forman parte de la cadena trófica, las larvas se alimentan de caracoles, lombrices y otras presas de cuerpo blando (Lloyd, 2008), mientras que las luciérnagas son alimento para depredadores como artrópodos de mayor tamaño, aves, anfibios, reptiles y peces (Lewis y Cratsley, 2008).

Se considera que existe una disminución de las poblaciones de luciérnagas dado que hay menos avistamientos, en particular las especies que presentan hembras que no vuelan son más vulnerables. Los principales factores que afectan

a este declive son las luces artificiales, la destrucción de sus hábitats, los movimientos de la tierra, los cambios de uso de suelo, los agroquímicos y la contaminación en general de sus hábitats (Faust, 2017; Lewis *et al.*, 2020). Esta vulnerabilidad está directamente relacionada con su ciclo de vida debido a que todas las especies de luciérnagas terrestres desarrollan la mayor parte de su ciclo de vida en el suelo (Zurita-García *et al.*, 2022). En el caso del entomoturismo, aunque este no representa una de las mayores amenazas para estos insectos como lo es la pérdida de hábitat y el uso de pesticidas (Gutiérrez-Carranza *et al.*, 2023); la erosión, la compactación del suelo y la contaminación lumínica causada por la afluencia de visitantes e infraestructura necesaria, puede reducir el éxito reproductivo de las luciérnagas, lo que resulta en un declive en su población a nivel local (Lewis *et al.*, 2021).

ANTECEDENTES

Los invertebrados, y especialmente los insectos, parecen ser una opción eficaz para las especies bandera. La biodiversidad de los insectos es la más alta de la naturaleza, ya que sobrepasan casi todas las formas de vida por su gran cantidad, diversidad de especies e importancia para el funcionamiento de los ecosistemas (Black *et al.*, 2001). Los insectos que generalmente atraen la atención y han sido utilizados como especies bandera son las mariposas, ya que tienen un atractivo intrínseco (Lewis *et al.*, 2007).

La mariposa isabelina (*Graellsia isabellae*) es utilizada como especie bandera en la Sierra de Guadarrama, en España (Arranz y García, 2017). En la

región de Castilla La Mancha, la especie se ha encontrado en las provincias de Guadalajara (Sierra de Ayllón y Alto Tajo), Cuenca (Serranía de Cuenca) y Albacete (sierras de Alcaraz y Taibilla) (Arce *et al.*, 2010; Romo *et al.*, 2012). La atención suscitada por esta especie ha propiciado que se haya incluido en diversas normas de protección a nivel internacional, tales como el Convenio de Berna (anexo II) y la Directiva 92/43 / CEE (Directiva Hábitats, anexos II y V). Además, en España se encuentra en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial (Real Decreto 139/2011). También se encuentra en diversos catálogos regionales de especies amenazadas, como el de Castilla La Mancha, en la categoría “De interés especial” (Decreto 33/98 de 5 de mayo) al igual que en Aragón, Andalucía y Madrid. Además, buena parte del área de distribución conocida de la mariposa *Graellsia isabellae*, se incluye en varios Espacios Naturales Protegidos de la Península Ibérica (Romo *et al.*, 2012, 2014) y áreas incluidas en la Red Natura 2000, lo que conlleva una protección adicional de sus hábitats en dichos espacios (Sánchez-Fernández y Arce-Crespo, 2017).

La mariposa “bandera argentina” (*Morpho epistrophus argentinus*) es una especie emblemática de la costa rioplatense, y esto se debe a su particular belleza, no sólo en su estado adulto sino también en lo que concierne a sus llamativas orugas rojas con bandas negras y puntos amarillentos. Debido al gran tamaño del imago despliega un vuelo errático y grácil. Por poseer los colores de la bandera nacional argentina, es una especie que no pasa desapercibida (Galup, 2019). Con la protección a esta especie se ha logrado conservar la reserva de la laguna seca grande, ubicada en el partido de Madariaga, en la provincia de Buenos Aires, pues

allí abunda el bosque de coronillo, árbol del que se alimentan sus orugas. Asimismo, se está intentando lograr una mayor protección legal de este lepidóptero con el proyecto de declaración de “monumento natural municipal” de la mariposa bandera argentina, apoyado por el Zoológico de Buenos Aires (Martínez, 2017).

Otra mariposa que se ha considerado como especie bandera es la mariposa monarca (*Danaus plexippus*). En México se establecieron reservas y áreas protegidas en los sitios donde hiberna. Asimismo, se propuso el establecimiento en trece estados del país de una red ciudadana de monitoreo, en la que han participado más de 10,000 personas que reportan la presencia de mariposas y los riesgos que éstas enfrentan. Se han reforestado más de 9,000 ha. impactadas por tala clandestina y desastres naturales en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (SEMARNAT y CONANP, 2018).

La mariposa Karner azul (*Lycaeides melissa samuelis*) es otro ejemplo de un insecto bandera. Esta mariposa ha engendrado con éxito el apoyo público para la conservación debido a su atractivo estético y su conexión con un ecosistema en peligro (Oberhauser y Guiney, 2009). Su hábitat ha sido destruido y degradado en las últimas décadas, repercutiendo en la disminución de las poblaciones de estas mariposas, razón por la que fue catalogada como especie en peligro federal en 1992 (Oberhauser y Guiney, 2009). Los esfuerzos de conservación para salvar a Karner azul se han centrado en mantener o mejorar los ecosistemas nativos (Andow *et al.*, 1994). En 1988, el zoológico de Toledo y The Nature Conservancy unieron recursos para reintroducir a Karner azul en Ohio. El zoológico cría en cautiverio las mariposas y las libera en 250 acres de hábitat de sabana de robles, ha liberado más de 2,000

mariposas que han beneficiado a muchas otras especies que dependen del mismo hábitat. También ha ayudado a aumentar las poblaciones de tejones, pájaros carpinteros de cabeza roja, gorriones alondras, el elfo helado y la mariposa “Persius Duskywing” que también se encuentra en peligro de extinción (The Nature Conservancy, 2008).

JUSTIFICACIÓN

Las luciérnagas son importantes en muchos sentidos, estas proveen de belleza escénica a los paisajes naturales, sirven de inspiración para artistas, fotógrafos, naturalistas, y también son excelentes indicadores ambientales. Al ser especies carismáticas, estas podrían ayudar a la conservación de la diversidad de sus hábitats.

OBJETIVO GENERAL

- Analizar el impacto de las luciérnagas como especie bandera en los centros de avistamiento en México.

Objetivos particulares

- Reconocer los ecosistemas de los sitios de avistamiento de luciérnagas en México.
- Conocer la flora y fauna de los sitios de avistamiento de luciérnagas en México.
- Conocer si los lugares de avistamiento pertenecen a alguna ANP.
- Conocer qué especie de luciérnaga habita en los sitios de avistamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para conocer qué santuarios y lugares de avistamiento existen en México, se hizo una búsqueda en internet, el buscador predeterminado fue Google. Se utilizaron las siguientes palabras clave: santuarios, luciérnaga, avistamiento, Nanacamilpa, Puebla, Estado de México, Sierra de Guadalupe, Querétaro, Oaxaca.

De igual forma, se buscó en páginas institucionales como: INEGI, sector.gob.mx, SEMARNAT, CONANP. También se utilizó la plataforma Facebook para buscar información de los santuarios que se encontraran en ese medio. De igual forma, se extrajo información de López (2019).

Para conocer el tipo de ecosistemas, flora, fauna y la especie de luciérnaga de cada uno de los sitios de avistamiento registrados se realizó una búsqueda de literatura especializada: Dávila *et al.* (1993), Valiente (2000), Altamirano *et al.* (2006), Jiménez (2009), González (2013), Cruz (2014), Ramírez (2015), Páez (2016), Paniagua (2016), Rojas-Zenteno *et al.* (2016), Machuca *et al.* (2018), Islas y Ayllón (2019), Parrilla (2019), Zaragoza-Caballero *et al.* (2020a), Zaragoza-Caballero *et al.* (2020b), Lewis *et al.* (2021), Morán-Bravo *et al.* (2021), Jiménez y Gómez (2022), Reyes *et al.* (2022) y Gutiérrez-Carranza *et al.* (2023), además de sitios de internet como: SEMARNAT (2005), INAFED (2016a), Ecured (2017), Periódico Oficial (2017), SEDEMA (2018), Ecured (2020), Secretaria del Ayuntamiento de Ezequiel Montes (2020), Secretaria del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (2020a), Nanacamilpa (2021), Naturalista (2023).

Para el manejo de los datos se construyó una base de datos en el programa Excel, donde se elaboró una tabla compuesta por siete columnas: Sitio de avistamiento, Estado, Municipio, Ecosistema, Especie, Área Natural Protegida (ANP) y Área Destinada Voluntariamente para la Conservación (ADVC) (Apéndice 1)

Para la visualización de los sitios de avistamiento y las ANP o ADVC se realizaron mapas en el programa Qgis 3.32.3; del portal de la CONABIO se descargaron los datos en formato shape de la República Mexicana con sus respectivos estados y municipios. También se descargaron los datos shape de las Áreas Naturales Protegidas..

En el Bosque de Tlalpan se realizó un recorrido en el mes de marzo del 2023 y se tomaron fotografías, esto se hizo con el fin de poder reconocer los sitios de avistamiento de las luciérnagas que reportaron los expertos en su estudio.

Metodología para realizar el MNE

Para generar el mapa de distribución potencial de *Photinus palaciosi*, los datos georreferenciados de presencia de esta especie fueron tomados de Gutiérrez-Carranza *et al.*, (2023), Lewis *et al.*, (2021) y Zaragoza-Caballero *et al.*, (2020) (Tabla 1).

Tabla 1. Datos georreferenciados de *Photinus palaciosi*

Especie	Lugar	Latitud	Longitud	Artículo
<i>Photinus palaciosi</i>	Nanacamilpa	19.493015	98.535927	Lewis <i>et al.</i> , 2021
<i>Photinus palaciosi</i>	Santa Rita Tlahuapan	19.323566	98.615653	Lewis <i>et al.</i> , 2021

<i>Photinus palaciosi</i>	Bosque Esmeralda	19.12436	-98.72842	Lewis <i>et al.</i> , 2021
<i>Photinus palaciosi</i>	Bosque de Tlalpan	19.2894361	-99.2056472	Gutiérrez-Carranza <i>et al.</i> , 2023
<i>Photinus palaciosi</i>	Santuario de la luciérnaga	19.3130389	-98.6335666	Gutiérrez-Carranza <i>et al.</i> , 2023
<i>Photinus palaciosi</i>	Truchero Ejidal San Juan Cuauhtémoc	19.3918111	-98.610975	Gutiérrez-Carranza <i>et al.</i> , 2023
<i>Photinus palaciosi</i>	Parque Ecoturístico Matawi	19.204553	-99.8931104	Gutiérrez-Carranza <i>et al.</i> , 2023
<i>Photinus palaciosi</i>	Centro Ecoturístico Dëni	19.2562056	-99.3897638	Gutiérrez-Carranza <i>et al.</i> , 2023
<i>Photinus palaciosi</i>	Hacienda Panoaya	19.1429167	-98.7716666	Gutiérrez-Carranza <i>et al.</i> , 2023
<i>Photinus palaciosi</i>	Santuario Bosque Esmeralda	19.1192722	-98.735475	Gutiérrez-Carranza <i>et al.</i> , 2023
<i>Photinus palaciosi</i>	Parque Estatal Sierra de Guadalupe”	19.609875	-99.091512	Zaragoza-Caballero <i>et al.</i> , 2020

Establecimiento del espacio M

Para realizar el establecimiento del espacio M se ocupó el programa Qgis 3.32.3 en donde se elaboró un mapa con los datos shape de las provincias biogeográficas del portal de la CONABIO y las coordenadas de los avistamientos de *P. palaciosi*. Se recortó el polígono de la provincia biogeográfica del Eje Volcánico y se generó el espacio M (Fig. 1).

Establecimiento del espacio M

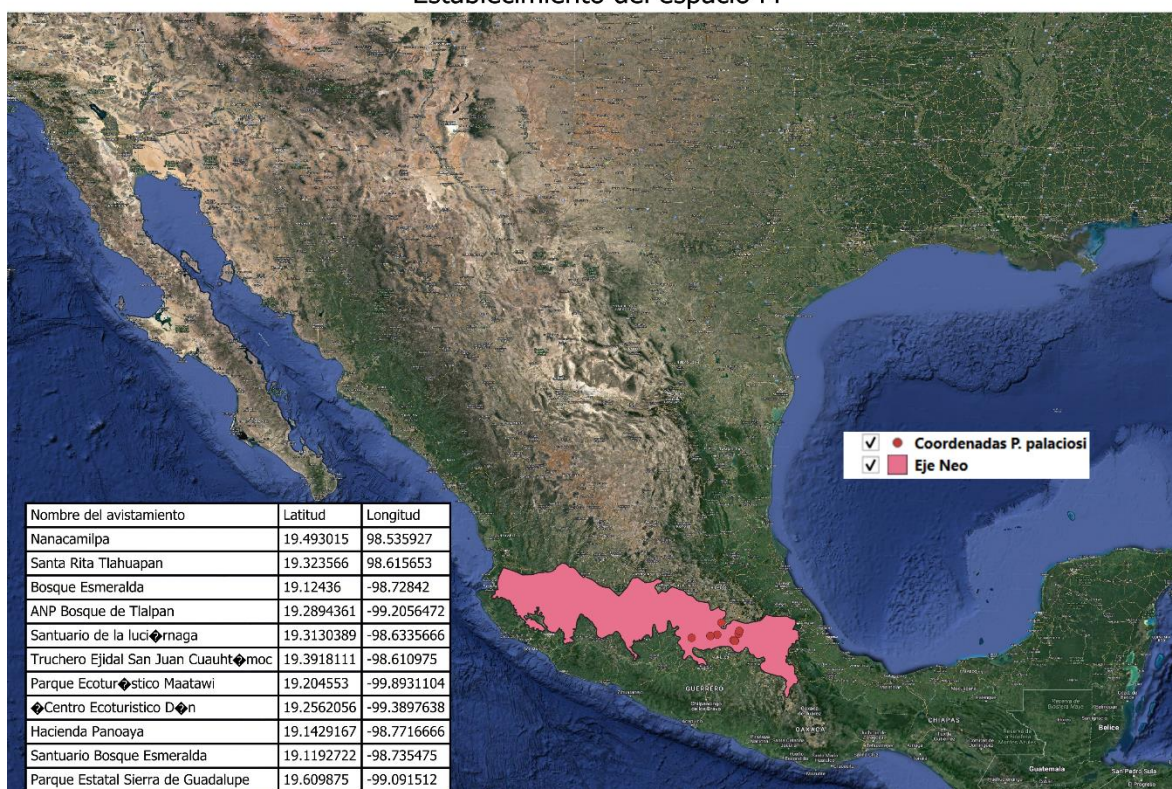


Figura 1. Establecimiento del espacio M en el programa Qgis.

Recorte de variables

Con el polígono resultante del paso anterior se realizó el recorte de las variables bioclimáticas. En el proyecto de Qgis se agregaron las 19 variables bioclimáticas las cuales se cortaron con el polígono (el espacio M) (Fig. 2).

Ejemplo de recorte de variables con M

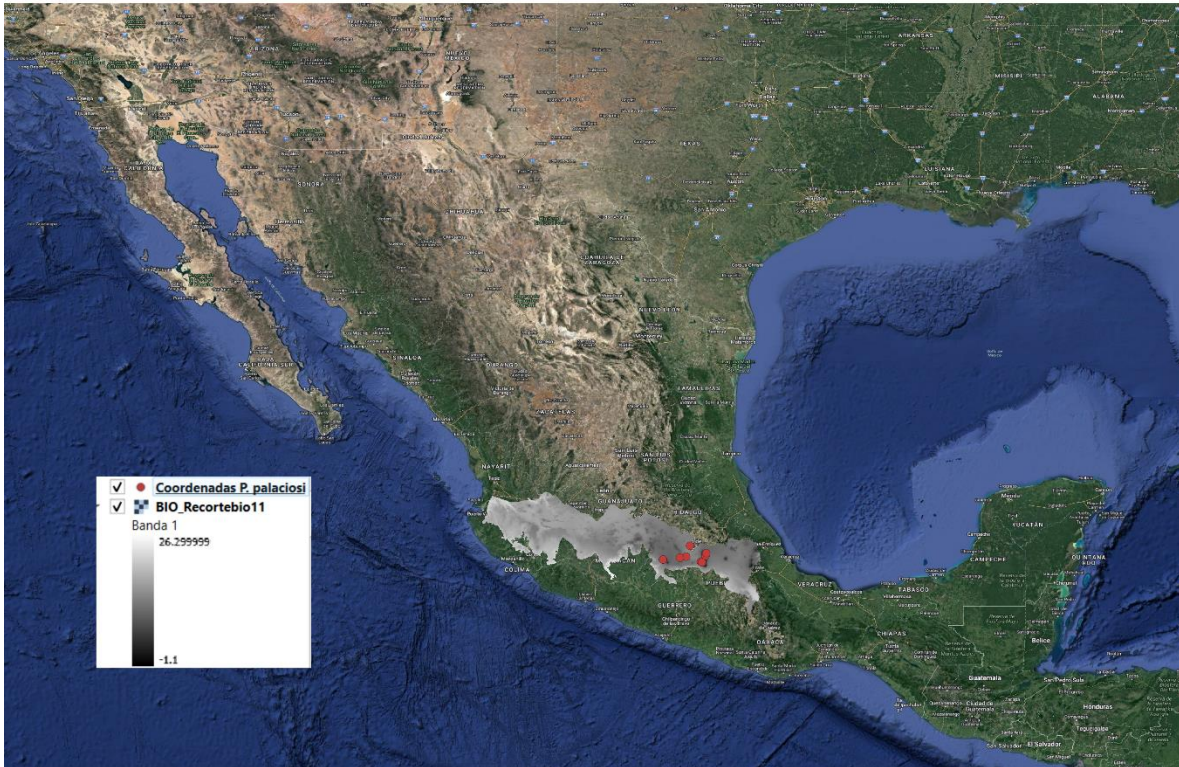


Figura 2. Ejemplo del recorte de la variable bioclimática 11 con M en Qgis.

Configuración del algoritmo y construcción del modelo

Para realizar este paso se ocupó el programa Maxent. Se utilizó el programa Excel para elaborar una tabla con las siguientes columnas: Especie, Longitud y Latitud, dicho documento se guardó en archivo csv. En el programa de Maxent se agregó el archivo csv y las 19 capas bioclimáticas cortadas y se realizó el entrecruzamiento (Fig. 3).

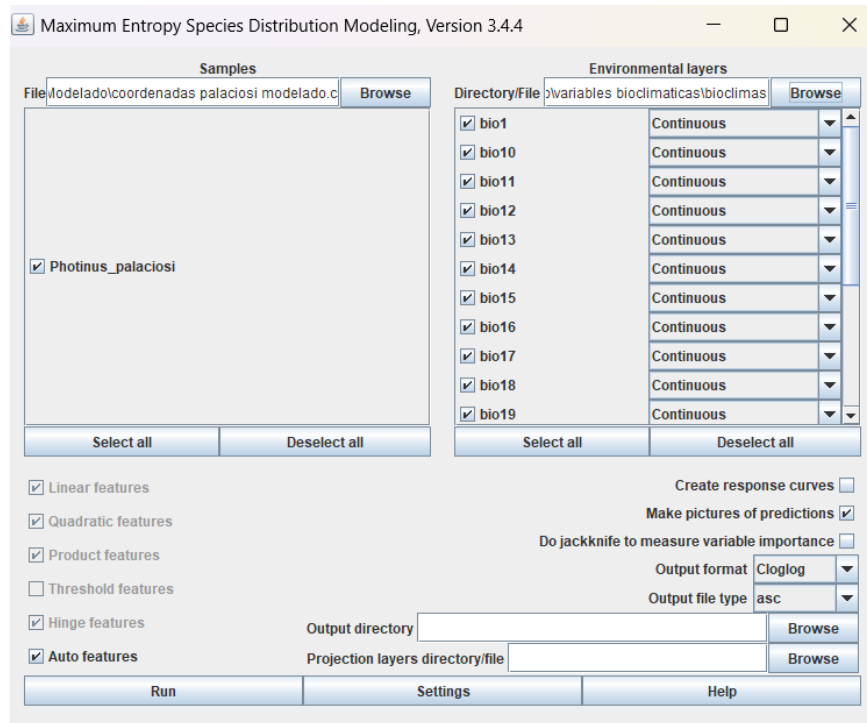


Figura 3. Configuración del algoritmo y construcción del modelado en Maxent.

Ajuste del modelo

Para hacer la selección se realizó una matriz de correlación de las variables con los valores que se obtuvieron del cruce con la información de ocurrencia y su respectivo valor de significancia en el paquete estadístico de Rstudio (Fig. 4). A partir de la prueba de Jackknife se obtuvieron los valores más altos de contribución de las variables, de esta forma se descartaron las variables que tuvieron una menor contribución (Fig. 5). Con las variables elegidas se volvió a configurar el programa y se generó un nuevo modelo en Maxent (Fig. 6).

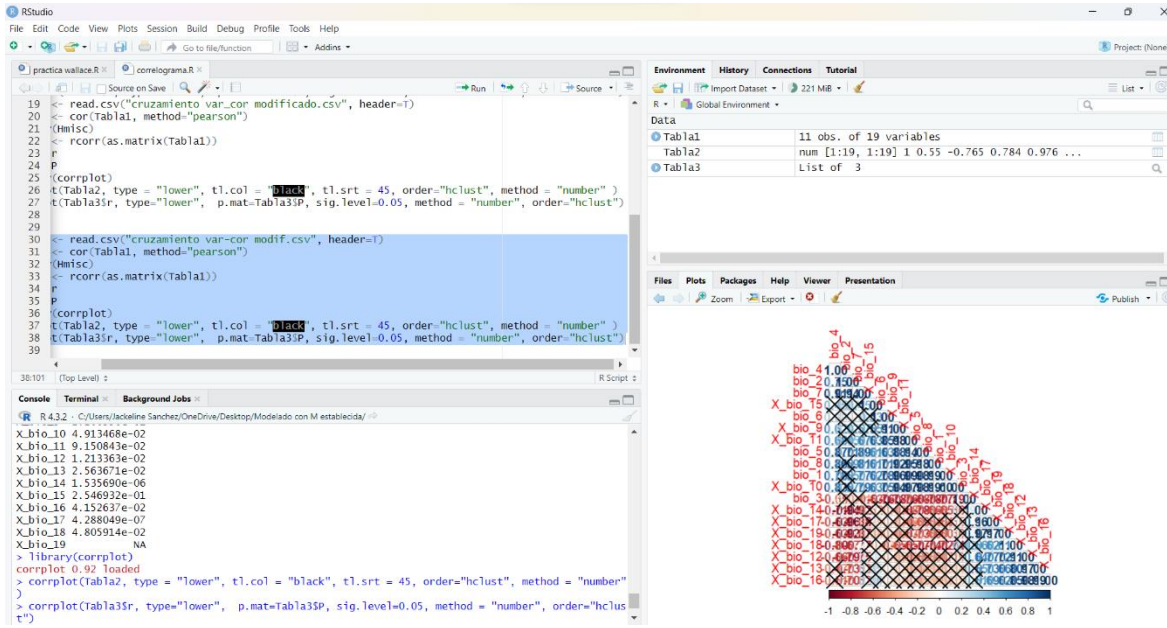


Figura 4. Matriz de correlación de las variables en Rstudio.

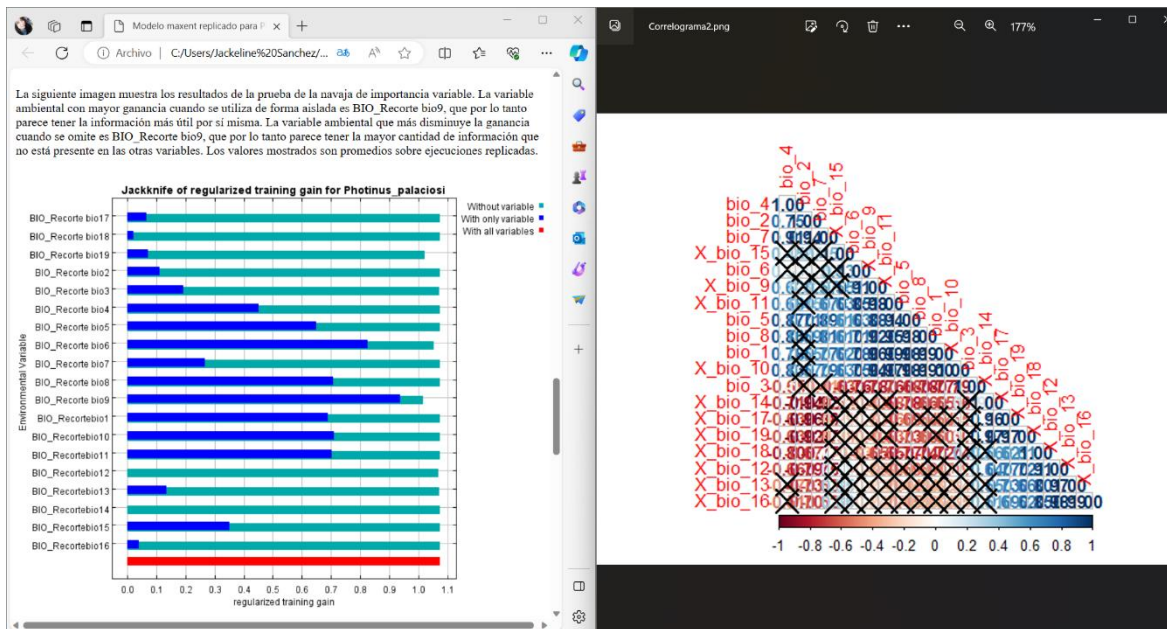


Figura 5. Comparación y descarte de variables.

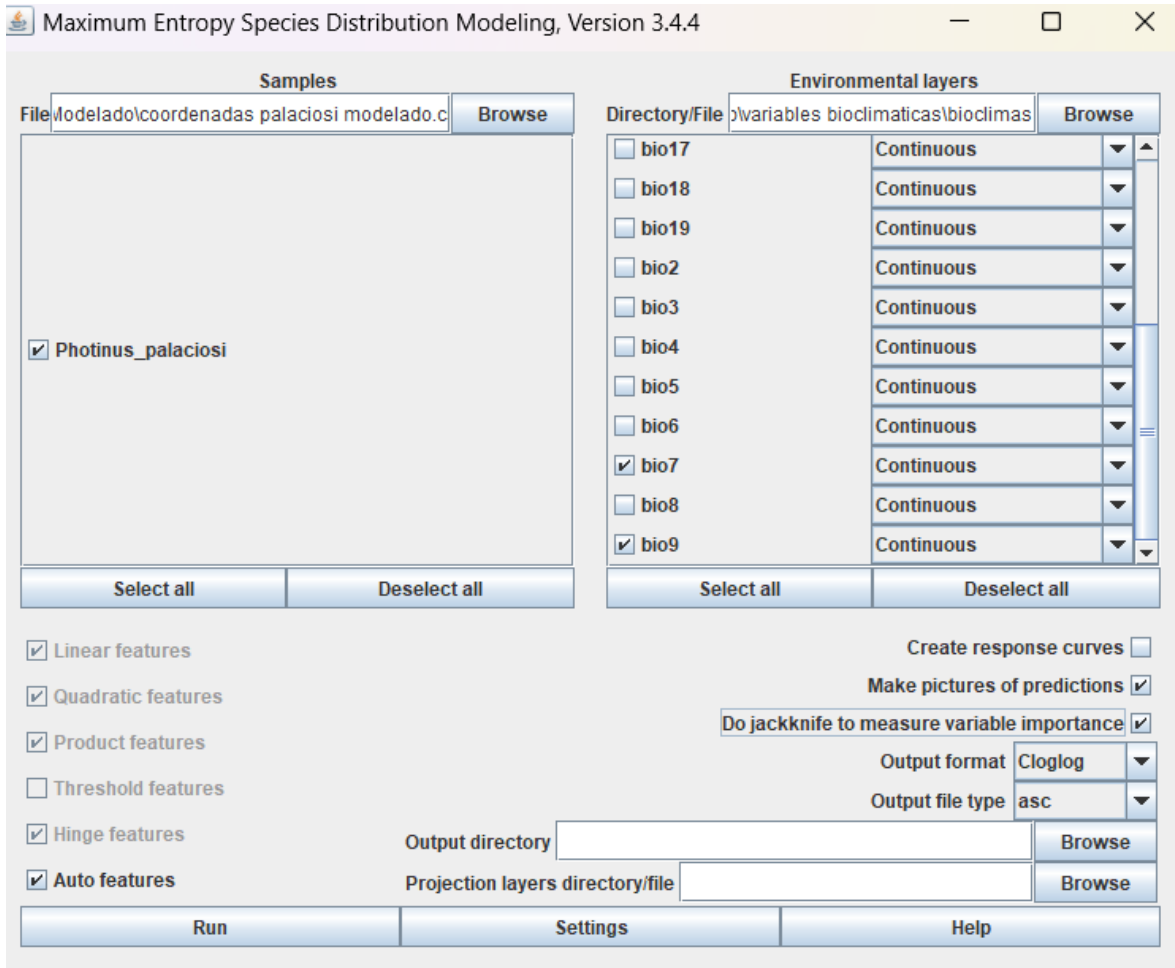


Figura 6. Modelo ajustado en Maxent solo tomando las variables 7, 9 y 15.

Reclasificación

Se realizó una categorización del modelo, para este paso se ocupó el valor del 10percentil que arrojó el modelo ajustado. Se abrió un nuevo proyecto en Qgis y se agregó el mapa arrojado del ajuste, se usó la calculadora Raster y se obtuvo el mapa reclasificado (Fig. 7).

Mapa reclasificado

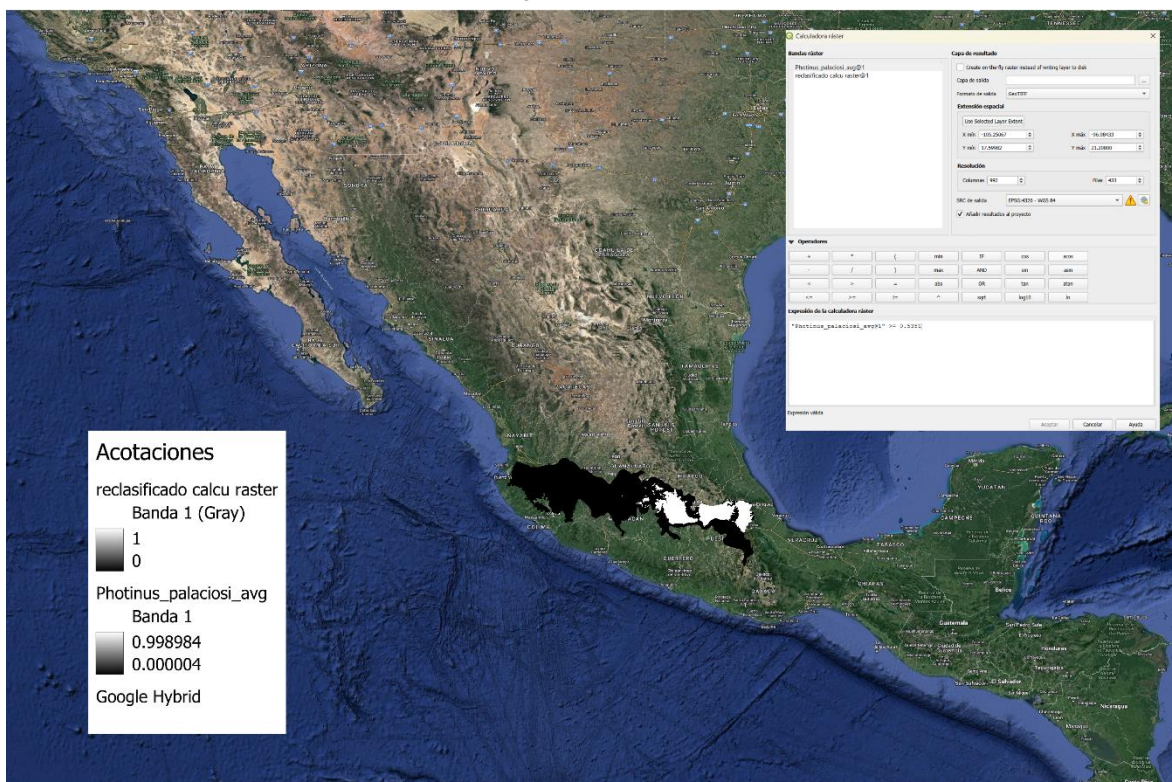


Figura 7. Reclasificación del modelo.

RESULTADOS

Los santuarios son aquellas áreas que se establecen en zonas caracterizadas por una considerable riqueza de flora o fauna, o por la presencia de especies, subespecies o hábitat de distribución restringida. Abarcarán cañadas, vegas, relictos, grutas, cavernas, cenotes, caletas, u otras unidades topográficas o geográficas que requieran ser preservadas o protegidas y sólo se permiten actividades de investigación, recreación y educación ambiental compatibles con la naturaleza y características del área (CONANP, 2023a).

López (2019) menciona que los santuarios de las luciérnagas son extensiones de terreno boscoso que tienen condiciones ambientales favorables y que cuentan con cuerpos de agua limpios en los que las luciérnagas han logrado desarrollar sus poblaciones. Estos lugares son probablemente la estrategia de conservación más importante para las luciérnagas en México, ya que involucran un manejo sustentable del ecosistema y también funcionan como estrategia de educación ambiental, la cual es particularmente importante para que se conozca tanto su hábitat como los cuidados que requieren las poblaciones de luciérnagas para que se sigan manteniendo sanas.

En esta investigación se registraron un total de 33 lugares de avistamiento, repartidos en siete estados y 15 municipios (Apéndice 1). Para el estado de Tlaxcala se reportó un municipio: Nanacamilpa con 12 lugares de avistamiento (Santuario de las luciérnagas, Canto del Bosque, Piedra Canteada, Santa Clara, Laguna Azul, Paraje el Madroño, Granja Salma, Villas del Bosque Santa Clara, Santuario Xoetilandia, La Palangana, Rancho la Soledad y Centro Ecoturístico Tecamac Calpulalpan). Para el estado de Puebla se reportaron tres municipios: Tlahuapan con tres lugares de avistamiento: Valle de Texmelucan, Ejido Santa Rita Tlahuapan, Ejidal San Juan Cuahtémoc, San Salvador el Verde con tres sitios de avistamiento: Santuario de las luciérnagas, Parque Ekoocay – Hueyacatitla y Ex Hacienda de Chautla y Tlatlauquitepec con un lugar de avistamiento: Lancheros la Soledad. El Estado de México tiene seis municipios con sitios de avistamiento, los cuales son: Amecameca con dos lugares de avistamiento: El santuario de Bosque Esmeralda y Hacienda Panoaya, Temascaltepec con un lugar de avistamiento: Parque

Ecoturístico Maatawi, Ocoyoacac con un lugar de avistamiento: Campamento Dëni, Tepetzotlán con un sitio de avistamiento: Sierra de Tepetzotlán, Ixtapaluca con un área de avistamiento: Parque Ecoturístico Avila Camacho y Coacalco de Berriozal con un lugar de avistamiento: Parque Estatal Sierra de Guadalupe. Para el estado de Michoacán solo se registró el municipio de Tlalpujahua, que cuenta con tres lugares de avistamiento: Avistamiento Luciérnagas El Ilanito, El Ilanito “Los Ailes” y Santuario Janikua Luciérnaga Tinskani. El estado de Querétaro cuenta con dos municipios: Amealco, con un sitio de avistamiento (Amealco) y Ezequiel Montes, con un lugar de avistamiento (Peña de Bernal). Para el Estado de Oaxaca fue el municipio de Heroica Villa Tezoatlán de Segura y Luna, que tiene un lugar de avistamiento: Llano del Fresno. Finalmente, en la Ciudad de México, en la Alcaldía de Tlalpan en el Bosque de Tlalpan que, a diferencia de los demás sitios, no ofrece recorridos de espectáculos de luz, pero tiene registro de avistamientos de luciérnagas.

TLAXCALA

El estado de Tlaxcala se localiza al norte $19^{\circ}43'44''$, al sur $19^{\circ}06'18''$ de latitud norte; al este $97^{\circ}37'32''$, al oeste $98^{\circ}42'30''$ de longitud oeste, representa el 0.2% de la superficie del país (INEGI, 2021a). Tlaxcala tiene 46,969 ha (11.7%) de superficie que está cubierta por vegetación natural, es decir, que no ha sido alterada por las actividades del hombre o por acontecimientos naturales, el 9.3% corresponde a bosque, 2.2% matorral, 0.2% pastizal, 0.02% vegetación hidrófila y 88.3% corresponde a terrenos para la agricultura, zonas urbanas, áreas sin vegetación

aparente, cuerpos de agua y vegetación secundaria (INEGI, 2016). Para el estado de Tlaxcala se registró el municipio de Nanacamilpa (Fig. 8).

En Nanacamilpa se fundó el primer “santuario” de luciérnagas de México, el cual sigue siendo el más importante hasta la fecha, inició en los años 80 siendo un sitio ecoturístico con actividades recreativas en un entorno forestal (López, 2019). En el 2010 el “santuario” de Nanacamilpa contaba con tres centros ecoturísticos: Santa Clara, Piedra Canteada y Laguna Azul, los cuales comenzaron una serie de actividades dentro del santuario que daban a conocer a la gente la importancia de las luciérnagas en su hábitat a la par de ofrecer los avistamientos de las mismas. Con el paso del tiempo surgieron nuevos centros ecoturísticos dentro del “santuario”, los cuales han continuado con los avistamientos y la labor de proporcionar educación ambiental a todos los turistas. Un ejemplo de estos centros es Canto del Bosque, el cual ha implementado de manera permanente en sus recorridos el avistamiento de luciérnagas y un programa continuo de educación ambiental en donde capacitan a sus guías para que proporcionen información sobre la flora, fauna y las interacciones bióticas del hábitat donde se encuentra la luciérnaga (López, 2019).

Sitios de avistamiento de Tlaxcala

El municipio de Nanacamilpa está ubicado en el altiplano mexicano a 2,720 m. entre los paralelos 19° 29' 33" latitud norte y los meridianos 98° 32' 07" longitud oeste. Su extensión territorial es de 109.258 km² (Periódico Oficial, 2017). En este municipio se encontraron 12 sitios de avistamiento: Santuario de las luciérnagas, Canto del Bosque, Piedra Canteada, Santa Clara, Laguna Azul, Paraje el Madroño,

Granja Salma, Villas del Bosque Santa Clara, Santuario Xoletilandia, La Palangana, Rancho la Soledad y Centro Ecoturístico Tecamac Calpulalpan. El ecosistema dominante del municipio es el bosque templado. En cuanto a la flora, por su ubicación geográfica y clima, corresponde a este municipio una vegetación compuesta principalmente por bosques de pino y oyamel, en el primer caso las especies representativas son pino real, pino blanco y teocote, a menudo asociado con encinos. En el segundo caso la especie dominante es el oyamel, contando en su masa forestal con individuos de ailites, huejote y madroño (Nanacamilpa, 2021; Periódico Oficial, 2017). En las áreas perturbadas del bosque, es frecuente encontrar una población abundante de chaquira, la cual muestra fuerte desequilibrio ecológico, instalándose dicha especie como la inicial de la sucesión biológica. En las partes bajas del municipio, se encuentran vestigios de matorral xerófito, con individuos aislados de sabino (Nanacamilpa, 2021). En los límites de las parcelas agrícolas, y en general en las áreas urbanas y suburbanas, se encuentran ejemplares de cedro blanco, tejocote, zapote blanco, capulín, trueno, álamo blanco, casuarina y eucalipto. Dentro de la fauna, se puede encontrar liebre, tuza, conejo, ratón de campo, codorniz, coyote, víbora de cascabel, tlacuache, entre otras (Nanacamilpa, 2021; Periódico Oficial, 2017). Las especies de luciérnagas que se han reportado en los lugares de avistamiento en Tlaxcala son *Photinus palaciosi* (Lewis *et al.*, 2021; Zaragoza-Caballero *et al.*, 2020b) y *Photinus chapingoensis* (Zaragoza *et al.*, 2020b) (Fig. 9). Los datos de Áreas Naturales Protegidas descargados de la CONANP para realizar el mapa no arrojaron ninguna colindancia de los sitios de avistamiento con una ANP. Sin embargo, si se encuentran en el listado de las Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC). Las

ADVC en las que se encuentran son 10: CONANP-240/2010 Área Natural Protegida del Bicentenario Santa Clara El Corte, con una superficie certificada de 30.00 ha; CONANP-241/2010 Área Natural Protegida del Bicentenario Santa Clara El Corte, con una superficie certificada de 32.17 ha; CONANP-306/2011 Bosque Mágico de Piedra Canteada, Santuario de La Luciérnaga, Área Natural Protegida, con una superficie de 632.2768 ha; CONANP-313/2012 Área Natural Protegida Santuario de La Luciérnaga, con 195 ha de superficie certificada; CONANP-332/2012 Área Natural Protegida Cuarta Fracción de Santa Clara El Corte, con una superficie certificada de 29 ha; CONANP-333/2012 Área Natural Protegida Segunda Fracción de Santa Clara El Corte, con 28.08 ha; CONANP-334/2012 Área Natural Protegida Primera Fracción de Santa Clara El Corte, con un área de 28.22 ha; CONANP-335/2012 Área Natural Protegida Tercera Fracción de Santa Clara El Corte, con un área de 28.08 ha; CONANP-370/2014 Área Natural Protegida Ejido Miguel Lira y Ortega Santuario de la Luciérnaga, con un área de 275.561 ha y CONANP-430/2018 Fracción Tercera del Ex Rancho Buenavista, con un área de 7.04 ha (CONANP, 2023b).

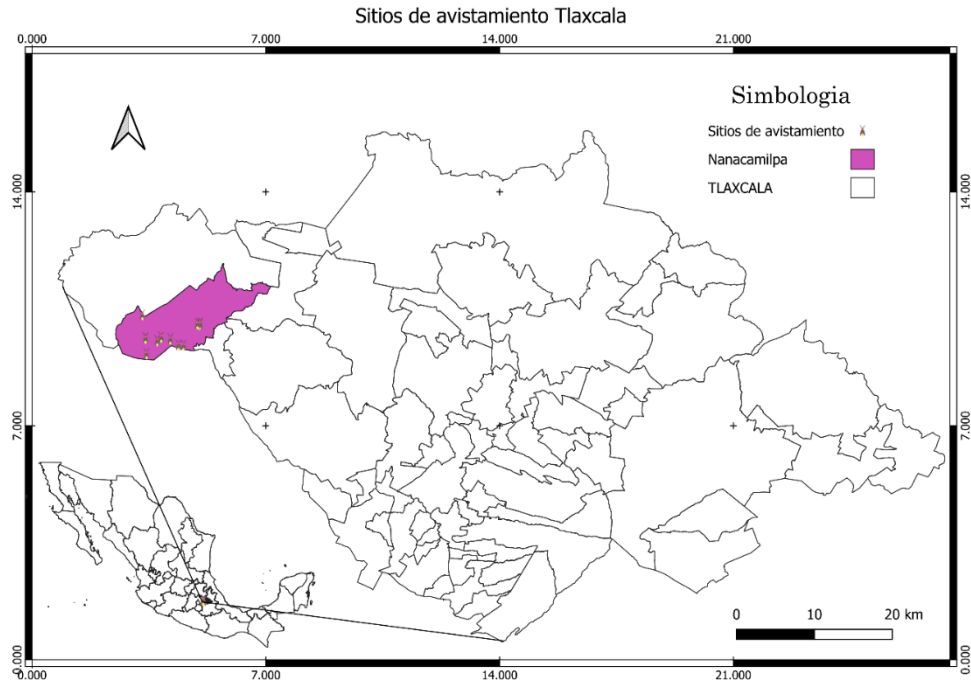


Figura 8. Sitios de avistamiento en Tlaxcala, municipio de Nanacamilpa.



Figura 9. Especies presentes en Tlaxcala, a) Vista dorsal de *Photinus palaciosi*, b) Vista dorsal de *Photinus chapingoensis*. Fotografías proporcionadas por el Laboratorio del Dr. Zaragoza del Instituto de Biología UNAM.

PUEBLA

El Estado de Puebla se ubica en la parte centro-este del país, representa el 1.7% del espacio nacional. Se caracteriza por una amplia heterogeneidad topográfica pues alberga cuatro grandes provincias biogeográficas: Sierra Madre Oriental, la Llanura Costera del Golfo Norte, el Eje Neovolcánico, y la Sierra Madre del Sur. Esta diversidad geomorfológica ocasiona marcados cambios de altitud que dan lugar a una amplia diversidad de climas, dominando los climas templados que cubren la mayor parte del territorio, seguidos de los cálidos y los semicálidos (CONABIO, 2011). El ecosistema que predomina es el bosque templado, su extensión territorial es de 34,290 km² (CONABIO, 2011). En cuanto a su flora, en el estado de Puebla se encuentran bosques de coníferas, de encino y mesófilo de montaña. El bosque de encino está constituido principalmente por especies de encino y pino, cuentan con una extensión de 165,216.79 ha. También hay matorral xerófilo, selvas de tipo caducifolia, perennifolia y subcaducifolia (CONABIO, 2011). La fauna se divide genéricamente en salvaje y doméstica, la primera está representada por: coyotes, conejos, liebres, serpientes, tuzas, ardillas, ratas y ratón de campo, el gavilán, zopilote, águilas, tecolotes, aves migratorias como garza de pata negra, patos gorriones y otras especies; insectos, peces de agua dulce, anfibios y murciélagos, etc. La fauna doméstica se compone de perros, gatos, aves de ornato, vacas, bueyes, burros, acémilas, conejos, borrego, chivo y peces (INAFED, 2016b). En el Estado de Puebla se registraron tres municipios en donde se encontraron sitios de avistamiento: San Salvador El Verde, Tlahuapan y Tlatlauquitepec (Fig. 10).

Sitios de avistamiento de San Salvador el Verde

El municipio de San Salvador el Verde está ubicado entre los paralelos 19° 10' y 19° 22' de latitud norte; los meridianos 98° 27' y 98° 39' de longitud oeste; altitud entre 2300 y 5200 m. Ocupa el 0.32 % de la superficie del estado (INEGI, 2010a). En este municipio se encontraron tres sitios de avistamiento: Valle de las luciérnagas, Parque Ekoocay-Hueyacatitla y Ex hacienda de Chautla. La flora que se presenta es bosque de pino. En la fauna se pueden encontrar ardillas, conejos de campo venados, tejones, armadillos, tlacuaches, coyotes, una gran variedad de serpientes de cascabel, chirrionera, cencuate, víboras de agua y escorpiones (Ecured, 2020). Se desconoce la especie de luciérnaga presente en estos sitios de avistamiento, pero por su ubicación probablemente sea *Photinus palaciosi*. Ninguno de los sitios de avistamiento colinda con un Área Natural Protegida.

Sitios de avistamiento de Tlahuapan

El municipio de Tlahuapan está ubicado entre los paralelos 19° 14' y 19° 28' de latitud norte; los meridianos 98° 29' y 98° 40' de longitud oeste; altitud entre 2300 y 3500 m. Ocupa el 0.91% de la superficie del estado (INEGI, 2010b). En este municipio se encontraron tres sitios de avistamiento: Valle de Texmelucan, Santuario de la Luciérnaga y Truchero Ejidal San Juan Cuauhtémoc. La flora que presenta el municipio en la mayoría de sus localidades son áreas de bosque de pino, oyamel y encino, así como amplios pastizales los cuales son aprovechados para la explotación de la silvicultura y la ganadería; el bosque de coníferas se ha visto diezmado debido al uso de terrenos de siembra. La fauna silvestre original está casi extinta, debido a la depreciación y cacería indiscriminada, predominan liebres,

conejos, ardillas, tlacuache, coyotes, mapaches, serpientes de la especie víbora de cascabel y el cencuate; salamandras en menor medida, pero aún pueden encontrarse venados, gato montés, aguilillas (Honorable Ayuntamiento de Tlahuapan, 2018). Las especies de luciérnaga presentes en Tlahuapan son *Photinus palaciosi* y *Photinus producta* (Lewis *et al.*, 2021; Gutiérrez-Carranza *et al.*, 2023). El sitio de avistamiento de Valle de Texmelucan no colinda con ninguna Área Natural Protegida, pero los sitios de avistamiento Santuario de la Luciérnaga y Truchero Ejidal San Juan Cuauhtémoc se encuentran a 3 km aproximadamente del ANP Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl.

Sitio de avistamiento de Tlatlauquitepec

El municipio de Tlatlauquitepec está ubicado entre los paralelos 19° 14' – 19° 28' de latitud norte; los meridianos 98° 29' – 98° 40' de longitud oeste; su altitud fluctúa entre 2,309 y 3,500 metros sobre el nivel del mar, esto debido a una geografía caracterizada por las elevaciones de la Sierra Volcánica. Su extensión territorial es de 313.62 km² que representa el 0.92% de la superficie estatal (INEGI, 2009). En este municipio se encontró un sitio de avistamiento: Lancheros la Soledad. Al norte del municipio se encuentra un bosque abundante mesófilo de montaña conformado por liquidámbar y jaboncillo. En la zona central y sur se cuenta con áreas reducidas de pino, encino y oyamel. Aunque predomina el pino colorado, el roble y el oyamel, también hay pastizales adaptados al bosque. Entre las especies de fauna se encuentran conejos, ardillas, tuzas, armadillos, variedad de reptiles y de aves. Infortunadamente, a consecuencia de la caza y los desmontes, diversas especies se extinguieron, entre ellas el venado temazate y el pumilla o tigrillo (Morán-Bravo

et al., 2021). Se desconoce la especie de luciérnaga presente en este sitio de avistamiento, pero por su ubicación probablemente sea *Photinus palaciosi*. El lugar de avistamiento no colinda con ninguna ANP.

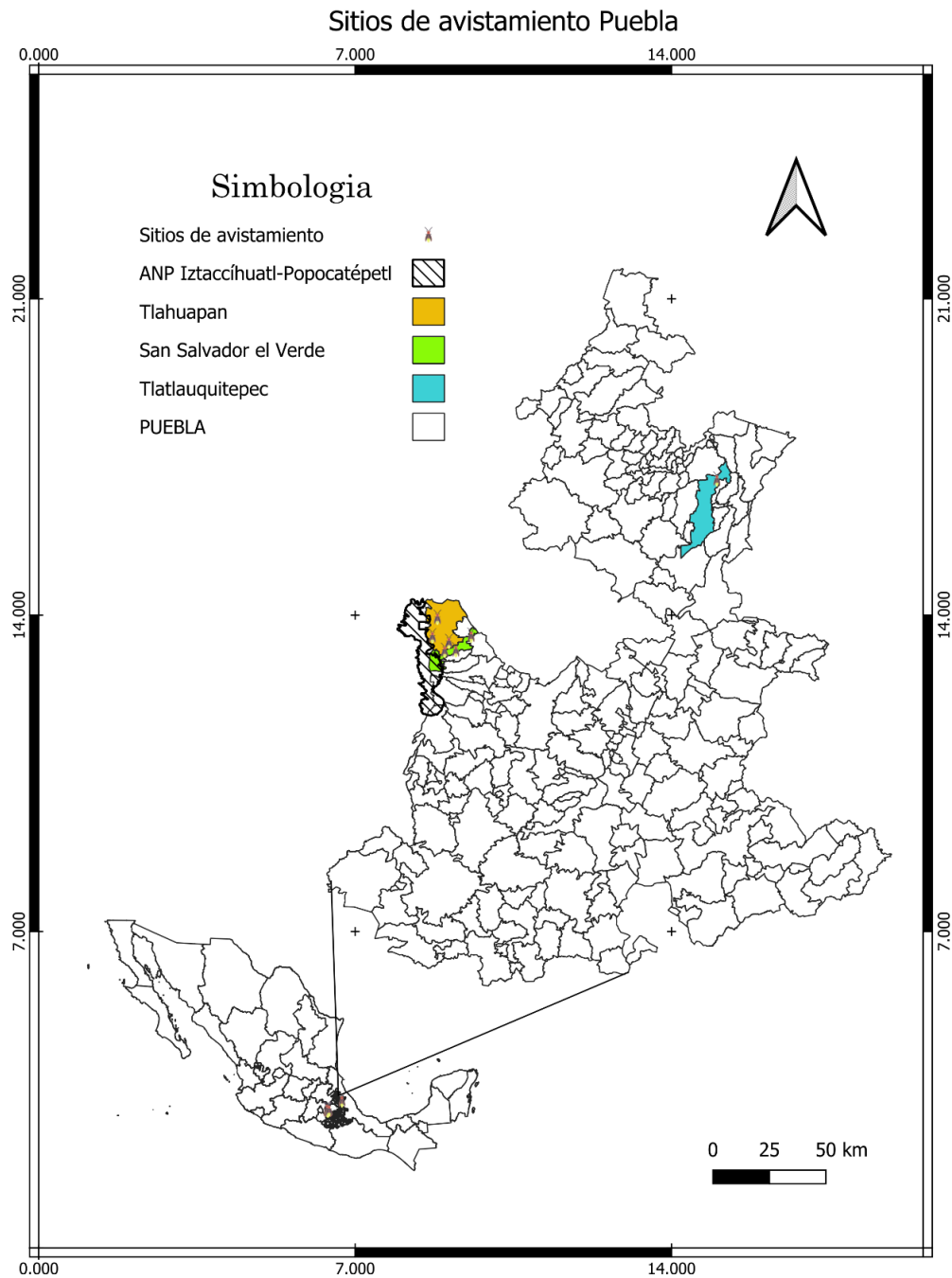


Figura 10. Sitios de avistamiento en Puebla, municipios de Tlahuapan, San Salvador el Verde y Tlatlauquitepec.

ESTADO DE MÉXICO

Para el Estado de México se encontraron siete lugares de avistamiento de luciérnagas distribuidos en seis municipios (Fig. 11).

Sitios de avistamiento de Amecameca

El municipio de Amecameca se sitúa en las faldas de la Sierra Nevada, dentro de la provincia del eje volcánico y en la cuenca del río Moctezuma-Pánuco. Sus coordenadas geográficas son longitud 98° 37' 34" y 98° 49' 10"; latitud 19° 3' 12" y 19° 11' 2". La altura sobre el nivel del mar es de 2,420 metros en la cabecera municipal (González, 2013). En este municipio se encontraron dos sitios de avistamiento: El Bosque Esmeralda y La Hacienda Panoaya. Ambos se localizan al Oriente del Estado de México. El municipio se caracteriza por su clima templado-frío y húmedo, Bosque Esmeralda está a una altura de 2,640 metros sobre el nivel del mar y su extensión territorial es de 96.7 ha. (Parrilla, 2019). La Hacienda Panoaya está a una altura de 2,477 metros sobre el nivel del mar (Gutiérrez-Carranza *et al.*, 2023). El tipo de ecosistema del municipio es bosque de pino-encino. Su flora se compone de pinos (*Pinus moctezumae*), (*Pinus ayacahuite*), mezclados con encino (*Quercus sp.*) y cipreses (*Cupressus linda*). Significativas extensiones del municipio se han transformado en matorrales y eriales poblados por tepozán, jarilla, majahuites, zacate amacollado y un estrato herbáceo que consiste en una mezcla profusa de especies, algunas con usos medicinales como el estafiate, gordolobo, epazote de zorrillo, tabaquillo o carbonero, árnica y diferentes tipos de hongos (González, 2013; Parrilla, 2019). Dentro de su fauna se encuentra teporingo, víbora de cascabel, lagartijas, tizincoyotes, gavilancillo, águilas,

correcaminos, codorniz, lechuza, búho, cuervo, zenzontle, jilguero, calandria, gorrión, azulejo, tórtola, coquito, chillón, tigrillo, primavera, carpintero, colibrí, chochoyota, seseto, cardenal, cacaxtle, tordo y mulato. También hay araña capulina, araña tigre, alacrán, catarinas, mosquitos y gusanos (González, 2013). La especie de luciérnaga que se ha reportado en ambos sitios de avistamiento es *Photinus palaciosi* (Lewis *et al.*, 2021; Gutiérrez-Carranza *et al.*, 2023). En Bosque Esmeralda se han identificado otras especies: *Photinus alexi*, *Photinus dugesi*, *Photinus extensus*, *Photuris lugubris* y *Pyropyga alticola* (Gutiérrez-Carranza com. per.). Los datos de Áreas Naturales Protegidas descargados para realizar el mapa no arrojaron ninguna colindancia de los lugares de avistamiento con una ANP. Sin embargo, si se encuentran dos ADVC en el municipio de Amecameca: CONANP-437/2018 Tetlalcolulco Lugar Sagrado Santa Isabel Chalma, con una superficie certificada de 300.00 ha y CONANP-483/2022 Ejido Emiliano Zapata, con 59.496186 ha (CONANP, 2023b).

Sitio de avistamiento de Coacalco de Berriozábal

El Parque Estatal Sierra de Guadalupe se encuentra en el centro de la cuenca del Valle de México, se ubica al norte de la Ciudad de México en las coordenadas 19° 30', 19°38' latitud Norte y 99° 00. 99° 12' longitud Oeste y su territorio lo comparten los municipios de Ecatepec de Morelos, Coacalco de Berriozábal, Tultitlan, Tlalnepantla de Baz y la delegación Gustavo A. Madero. El municipio donde se encuentra el lugar de avistamiento es Coacalco de Berriozábal. En este municipio se encontró el sitio de avistamiento: Parque Estatal Sierra de Guadalupe. El tipo de ecosistema que presenta el lugar de avistamiento es bosque de encino (Paniagua,

2016). Su flora consta de pino, cedro blanco y eucaliptos. En cuanto a su fauna, se han registrado 154 especies de vertebrados distribuidos en 8 anfibios, 21 reptiles, 96 aves y 29 mamíferos. Algunas de las especies son: rana verde, rana gris, rana silvadora, sapo excavador, escorpión, camaleón, lagartija de collar, lagartija de barda, culebra, culebra rayada, cincuate, víbora fina, cascabel de cola negra, hocico de puerco, tlacuache, conejo castellano, ardilla, tuza, ratón, zorrillo y gato montés (Paniagua, 2016). También posee una diversidad de arañas de 22 familias, 49 géneros, 75 especies, de las cuales la familia Theriidae es la más abundante, seguida de Salticidae y Araneidae (Cruz, 2014). Las especies de luciérnagas que se han reportado en el parque son: *Photinus marquezii*, *Photinus morronei*, *Photinus lucilae* y *Photinus palaciosi* (Zaragoza-Caballero *et al.*, 2020a). El Parque Estatal Sierra de Guadalupe es una de las 25 ANP de la Ciudad de México y el Estado de México que es hogar de una gran variedad de flora y fauna (Secretaría del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020a).

Sitio de avistamiento de Temascaltepec

El municipio de Temascaltepec se localiza entre las coordenadas 18°59'16" y 19°13'03" de latitud Norte y 99°48'05" y 100°13'58" de longitud Oeste. En este municipio se encontró el sitio de avistamiento: Parque ecoturístico Matawi. Su tipo de ecosistema es bosque templado. En cuanto a su flora, los tipos de vegetación que se presentan en el municipio de Temascaltepec son: bosque de *Abies*, bosque de *Abies-Pinus*, bosque de *Pinus*, bosque de *Pinus-Quercus*, bosque de *Quercus*, bosque mesófilo de montaña, bosque tropical caducifolio y pastizal inducido (Rojas-Zenteno *et al.*, 2016). Con respecto a la fauna, en Temascaltepec se tiene registro

de 60 especies de vertebrados: nueve mamíferos, 30 aves, 16 reptiles, cuatro anfibios y un pez (Islas y Ayllón, 2019). Las especies de luciérnagas que se han reportado son *Photinus palaciosi* (Gutiérrez-Carranza *et al.*, 2023), además de *P. palaciosi*, hay dos especies más de *Photinus* que se han identificado como nuevas (Gutiérrez-Carranza com. per.). El sitio de avistamiento se encuentra dentro del Área Natural Protegida Zona Protectora Forestal los terrenos constitutivos de las cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec (Z. P. F. T. C. C. de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec).

Sitio de avistamiento de Ocoyoacac

El municipio de Ocoyoacac, se ubica en el Valle de Toluca, entre las ciudades de México y Toluca, sus 19° 15' 34" N y 100° 34' 58" W, alcanza hasta 3,850 msnm. En este municipio se encontró el sitio de avistamiento: Campamento Dëni. Su tipo de ecosistema es bosque templado. En cuanto a su flora y fauna, predominan las coníferas como abetos, oyameles, encino, cedro; las salicáceas como el sauce, eucalipto y otras. Los árboles frutales son otra especie predominante en la región, entre los que se encuentra el manzano, pera, ciruela, capulín, chabacano, durazno, higuera, tejocote y membrillo. Las plantas agrícolas que más siembran son maíz, haba, papa, hortalizas, gramíneas, avena y forrajes. Entre las especies silvestres que anualmente crecen durante la época de lluvia son la campanilla, chumalaca, dalia, estrella, hierba del sapo, ojo de gallo, trompetilla, marrubio, gigantón, quelite y malva entre otras. La fauna silvestre es muy variada, en las zonas montañosas se encuentran: venado cola blanca, cuernicabro, gato montés, tigrillo, coyote, armadillo, teporingo, conejo, liebre, comadreja, tuza, murciélago, rata, ardilla, tejón,

cacomixtle, tlacuache, armadillo y zorrillo. Otras especies que se encuentran en la región son: víbora de cascabel, camaleón, escorpión, lagarto y lagartija. Entre las aves que se pueden apreciar están: gavilán, gabilancillo, codorniz, correcaminos, paloma silvestre, búho y múltiples aves canoras (Páez, 2016). La especie de luciérnaga que se ha reportado en el sitio de avistamiento es *Photinus palaciosi* (Gutiérrez-Carranza *et al.*, 2023). El lugar de avistamiento no colinda ni se encuentra dentro de ninguna ANP.

Sitio de avistamiento de Tepotzotlán

El municipio de Tepotzotlán, se localiza en la parte norte del Estado de México, y al noreste de la ciudad de Toluca, en las coordenadas 19° 43' 50" de latitud norte, y 99° 13' 24" de longitud oeste. El municipio presenta distintos registros de altura, que van desde 2,250 hasta los 2,900 sobre el nivel del mar (Altamirano *et al.*, 2006). Tiene una extensión territorial de 209.08 km², lo que corresponde al 0.93 % del Estado de México (IGECEM, 2018). En este municipio se encontró un sitio de avistamiento: Paseos turísticos Tepotzotlán. Con respecto a la flora, existe una predominación de pastizal inducido con una superficie de 7,868 ha, equivalentes al 38% de la superficie total del municipio, el cual se extiende a lo largo de las partes bajas de la Sierra de Tepotzotlán y en la zona poniente del municipio; le sigue la agricultura de temporal que actualmente se extiende hacia el sur del municipio, en zonas de poca inclinación y en zonas urbanas, abarcando un total 5,497 ha., equivalentes al 26% de la superficie total; finalmente, la vegetación secundaria perteneciente al bosque de encino abarca 3,118 ha., las cuales se concentran en las partes altas de la Sierra de Tepotzotlán, abarcando el 15% de la superficie del

municipio. Con respecto a la fauna, hay mamíferos como coyotes, conejos, liebres, zorrillos, tlacuaches, cacomiztle, hurón, ardilla, tuza, ratón meteorito, armadillo, algunas especies de aves como águila, zopilote, gavilán, codorniz, zenzontle, colibrí y una gran variedad de aves migratorias, también hay algunas especies asociadas a cuerpos de agua como carpa, rana, sapo, ajolote y artrópodos como hormigas, abejas, arañas, mariposas, entre otros (Reyes *et al.*, 2022). Se desconoce la especie de luciérnaga presente en este sitio de avistamiento, pero por su ubicación probablemente sea *Photinus palaciosi*. Los datos de Áreas Naturales Protegidas descargados para realizar el mapa no arrojaron ninguna colindancia del lugar de avistamiento con una ANP. Sin embargo, en el municipio de Tepetzotlán se encuentra el ANP Parque Estatal Sierra de Tepetzotlán, con un área de 9,768.20 ha (Secretaría del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020b).

Sitio de avistamiento de Ixtapaluca

El municipio de Ixtapaluca se ubica entre los paralelos 19° 14' y 19° 24' de latitud norte; los meridianos 98° 38' y 98° 58' de longitud oeste; altitud entre 2,200 y 4,200 m. Ocupa el 1.46% de la superficie del Estado de México (INEGI, 2010c). En este municipio se encontró un sitio de avistamiento: Parque recreativo Ávila. Con respecto a la flora, los bosques ocupan el 53% de la superficie municipal, se encuentran 6 clases de bosques, cultivado, de encino, oyamel, pino, pino - encino y tascate. El más extenso es el bosque de pino y también hay pastizal (Machuca *et al.*, 2018). La fauna, se pueden encontrar mamíferos como: conejo montes, ardilla, zorrillo, armadillo, tuza, tlacuache, cacomixtle, ratón de campo, coyote. También aves como águila, pica madero, pájaro azul, gorrión y algunos reptiles como víbora

de cascabel y lagartijas, incluso artrópodos como escorpión (SEMARNAT, 2005). La especie de luciérnaga que se encuentra en este sitio es *Photinus palaciosi*. El sitio de avistamiento se encuentra a 0.2 km aproximadamente del ANP Parque Estatal Iztaccíhuatl- Popocatepetl.

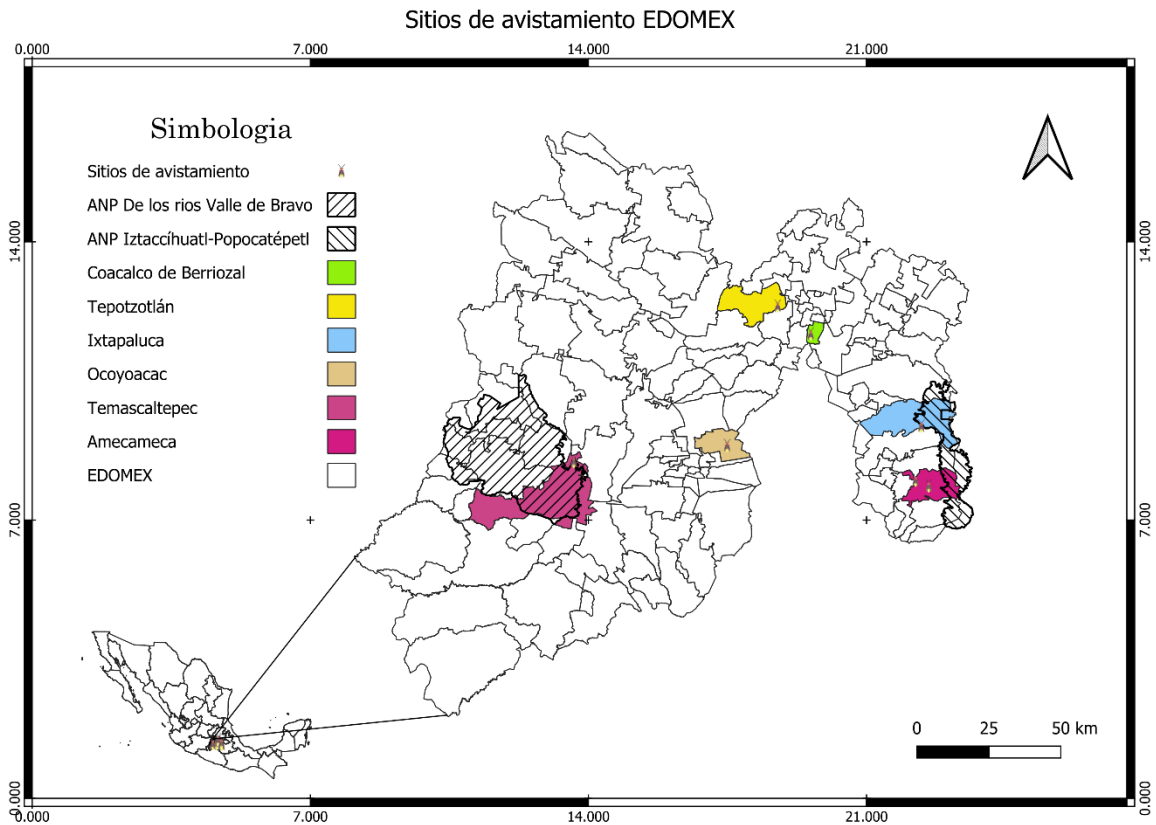


Figura 11. Sitios de avistamiento en EDOMEX, municipios de Coacalco de Berriozábal, Tepotzotlán, Ixtapaluca, Ocoyoacac, Temascaltepec y Amecameca.

MICHOACÁN

El Estado de Michoacán de Ocampo representa el 3.0% de la superficie del país, sus coordenadas geográficas son: norte 20°23'40", al sur 17°54'54" de latitud norte; al este 100°03'47", al oeste 103°44'17" de longitud oeste (INEGI, 2021b). En Michoacán se presentan siete tipos de ecosistemas terrestres principales: bosque

de coníferas, bosque de encino, bosque mesófilo de montaña, selva mediana subcaducifolia, selva caducifolia, vegetación hidrófila y otros tipos de vegetación (mezquitales, palmares, vegetación secundaria). La selva caducifolia y los bosques de coníferas abarcan la mayor superficie en la entidad. El estado también presenta una gran variedad de ecosistemas acuáticos, tanto naturales como artificiales, que se clasifican en epicontinentales, continentales y marinos. Se tiene el registro de 15,610 especies de organismos que habitan en el estado, de las cuales al menos 301 son endémicas. Esta gran diversidad ubica a Michoacán entre los 10 primeros lugares en riqueza de especies de reptiles, mamíferos, plantas vasculares, anfibios y aves del país (Hernández y Ortuño, 2020).

Sitios de avistamiento de Talpujahuá

El municipio de Talpujahuá se localiza al noroeste del Estado, en las coordenadas 19°48' de latitud norte y 100°10' de longitud oeste, a una altura de 2,580 metros sobre el nivel del mar. En este municipio se encontraron tres sitios de avistamiento: Avistamiento Luciérnagas El Ilanito, El Ilanito “Los Ailes” y Santuario Janikua Luciérnaga Tinskani (Fig. 12). El tipo de ecosistema que domina es el bosque templado (INAFED, 2016a). La flora característica que predomina es el bosque de coníferas que se conforma principalmente de pino, oyamel y junípero; también hay bosque mixto con pino, encino y cedro (Ecured, 2017). La fauna, se conforma de especies como conejo, liebre, tlacuache, armadillo, ardilla, comadreja y aves silvestres (Jiménez, 2009). Se desconoce la especie de luciérnaga presente en estos sitios de avistamiento. Los lugares de avistamiento se encuentran a 5 km aproximadamente de la ANP Reserva de la Mariposa Monarca.

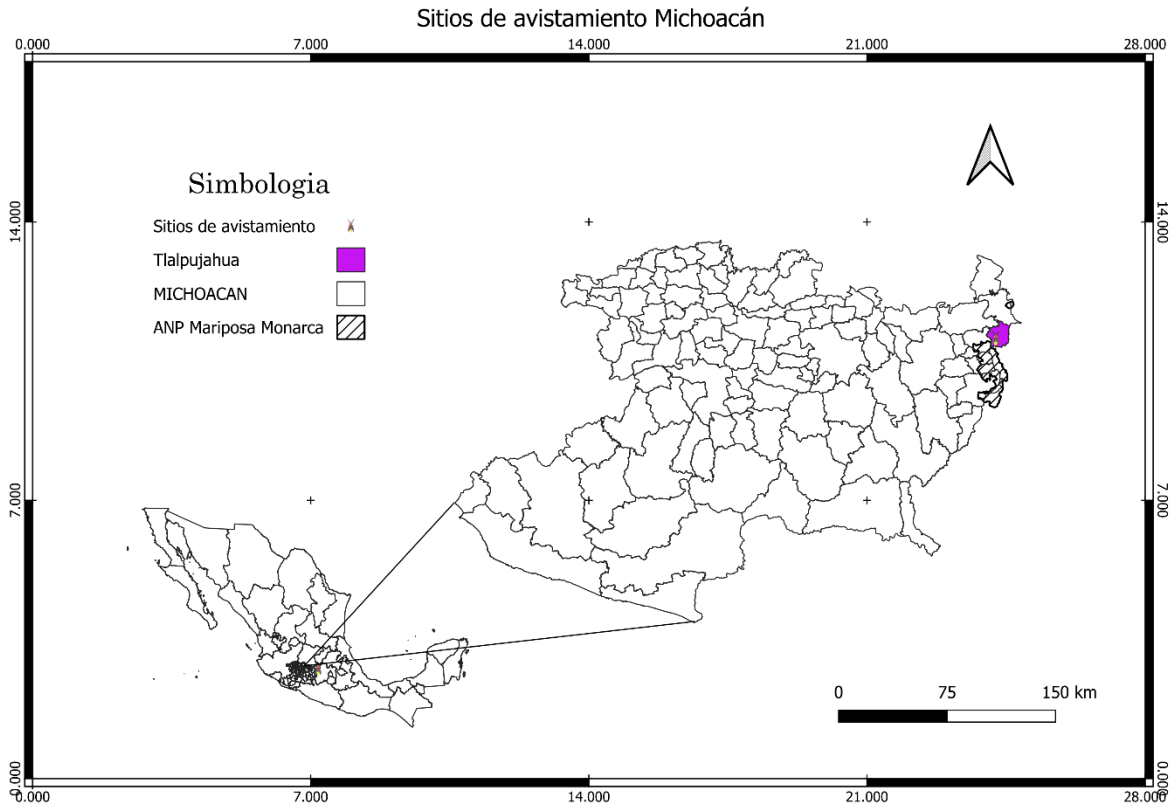


Figura 12. Sitios de avistamiento en Michoacán, municipio de Tlalpujhuah.

QUERÉTARO

El municipio de Querétaro representa el 6% de la superficie total del estado con un área total de 5,195,200 ha. Sus coordenadas externas son: al norte 20°55'N, al sur 20°30' N, al este 100°17' W y al oeste 100°36' W. El municipio de Querétaro se encuentra en dos provincias fisiográficas, la de la Mesa del Centro abarca casi el 8% de la superficie del municipio, y la del Eje Neovolcánico que ocupa el 92% del municipio. Estas provincias presentan topofomas de sierras, lomeríos y llanuras con altitudes de entre 1,800 y 2,190 m (INEGI, 1997a). Rzedowski (1978) menciona que el municipio y zona conurbada pertenecen a la Provincia Florística de la Altiplanicie, que se incluye en la Región Xerofítica Mexicana, y la vegetación

predominante es el matorral xerófito, con zonas de pastizal y bosque espinoso. Para el Estado de Querétaro se registraron dos municipios: Amealco y Ezequiel Montes, con un avistamiento cada uno (Fig. 13).

Sitio de avistamiento de Amealco

El municipio de Amealco de Bonfil se ubica al sur del Estado de Querétaro y forma parte de la región denominada Sierra Queretana. Este municipio, se localiza entre las coordenadas 20° 00' a 21°15' de latitud Norte y los 100° 00' a 100° 15' longitud Oeste. Tiene una superficie: 717.43 km², lo que representa el 6% del territorio estatal (Ayuntamiento de Amealco de Bonfil, 2015). En este municipio se encontró un sitio de avistamiento: Amealco. Con respecto a la flora, Amealco cuenta con parajes boscosos cubiertos de encinos, oyameles, madroños y pinos; mientras que en una escasa región al Norte del municipio se encuentran granjenos y algunas plantas cactáceas. En la actualidad la fauna silvestre está sensiblemente disminuida (principalmente de tigrillos y gatos monteses), encontrándose escasamente en los lugares cerriles como Laguna de Servín y San Pablo. Sin embargo, aún se encuentran coyotes, ardillas, conejos, liebres y otras especies silvestres como onzas, armadillos, palomas silvestres y aves canoras tales como: cenizos, calandrias y gorriones, entre otras (Ramírez, 2015). Se desconoce la especie de luciérnaga presente en este sitio de avistamiento. El lugar de avistamiento no se encuentra dentro de ninguna ANP.

Sitio de avistamiento de Ezequiel Montes

El municipio de Ezequiel Montes se ubica entre los paralelos 20° 32' y 20° 46' de latitud norte; los meridianos 99° 44' y 100° 00' de longitud oeste; con una altitud que

oscila entre 1,600 y 2,600 m. Ocupa el 2.57% de la superficie del estado (INEGI, 2010d). Este municipio ocupa un territorio de 298,277 km², de los cuales el 75% corresponde a zonas semiplanas, el resto presenta una orografía accidentada. En este municipio se encontró un sitio de avistamiento: Peña de Bernal. En el municipio se pueden diferenciar cuatro tipos de vegetación: bosque de encino, matorral crassicaule (mezquite, acibuche, palo xixiote, atlón, trompetilla, tullidora, entre otros), pastizal inducido (mezquite, hizaches, palo xixiote, granjeno, uña de gato y palma) y vegetación riparia (nativa: sabino, fresno, sauce, introducida: pirul, eucalipto y jacaranda). También hay plantas invasoras como el pasto rosado y el carrizo (Secretaría del Ayuntamiento de Ezequiel Montes, 2020). Con respecto a la fauna, hay vertebrados que se reparten en un total de 298 especies, pertenecientes a 204 géneros, representados en 71 familias, de las cuales el 8.1% está bajo alguna categoría de riesgo según la NOM-059 (SEMARNAT, 2010). Dentro de estos se encuentran anfibios y reptiles, aves migratorias y mamíferos (Secretaría del Ayuntamiento de Ezequiel Montes, 2020). Se desconoce la especie de luciérnaga presente en este sitio de avistamiento. El lugar de avistamiento no se encuentra dentro de ninguna ANP.

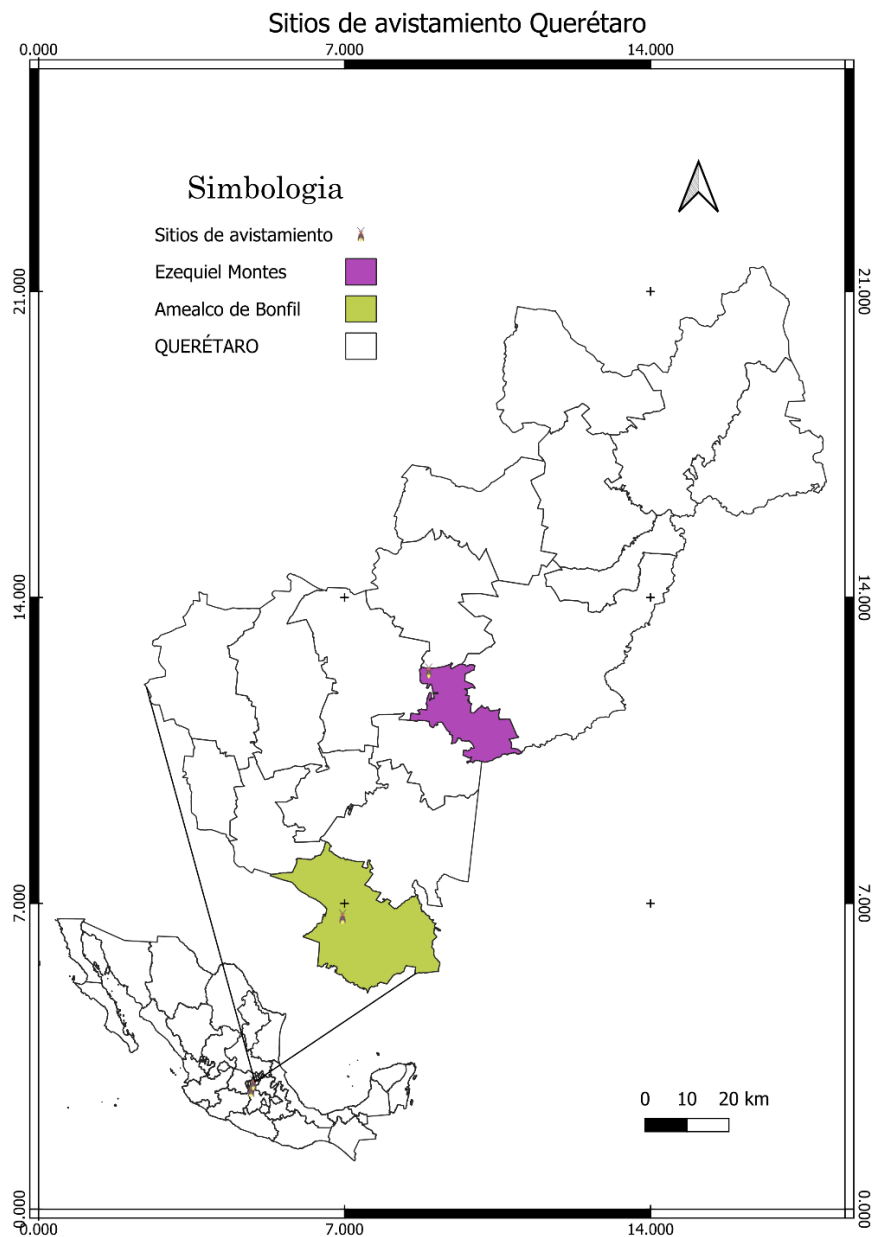


Figura 13. Sitios de avistamiento en Querétaro, municipios de Amealco de Bonfil y Ezequiel Montes.

OAXACA

El estado de Oaxaca se localiza en la porción sureste de la República Mexicana, entre las coordenadas geográficas 18° 39' y 15° 39' de latitud norte, y entre los 93°

52' y 98° 32' de longitud oeste. Comprende una superficie de 93 343 km², que representa 4.8% de la superficie total del país. Con respecto a la vegetación del estado, el Bosque (39.04%), es la comunidad vegetal que más superficie ocupa con especies de *Pinus oocarpa*, *Pinus michoacana*, *Quercus crassifolia* y *Quercus sp.*; la selva con 37.05% se ubica en segundo lugar, con especies de *Bursera fagaroides*, *Bursera sp.*, *Ceiba sp.*, *Amphipteryngium odstringens* y *Terminalia amazona*. Los pastizales cubren 8.23%, con especies de *Cynodon plectostachyus*, *Bouteloua chondrosoides*, *Bouteloua sp.* y *Hiparrhenia rufa*. Con 1.52% están otros tipos de vegetación con especies de *Brahea dulcis*, *Brahea sp.*, *Byrsonima crassifolia* y *Curatella americana*, entre otras. La agricultura se realiza en 14.16% del territorio oaxaqueño; es principalmente de temporal, aunque la superficie de riego es de gran importancia. Los cultivos anuales son: maíz, frijol, trigo, cacahuate y sorgo; los cultivos perennes son: café, caña de azúcar, limón agrio, mango, maguey mezcalero y pastos (INEGI, 2004).

Sitio de avistamiento de Heroica Villa Tezoatlán de Segura y Luna

El municipio Heroica Villa Tezoatlán de Segura y Luna se ubica entre los paralelos 17°39'16" y 97°48'30" de longitud oeste, altitud de 1,515 m (INEGI, 2021c). En este municipio se encontró un sitio de avistamiento: Llano del Fresno (Fig. 14). Los principales tipos de vegetación presentes en la región son: Bosque de enebros, encinares, pinares, cardonales, tetecheras, chaparral, matorral espinoso, izotal, selva baja caducifolia, selva baja espinosa caducifolia, bosque de galería, palmar, pastizal, y agrupación de halófitos (Dávila *et al.*, 1993; Valiente, 2000). En cuanto a la fauna, se pueden encontrar diversos vertebrados como mamíferos (conejo blanco

del este, coatí de nariz blanca, león de montaña, ardilla de vientre rojo, cola anillada y zorrillo americano de nariz de cerdo), aves (gorrión común, ala de cera de cedro, vireo de cabeza azul, paloma de punta blanca, entre otros), anfibios (rana arbórea del cañón), reptiles (serpiente de liga de cuello negro, anole de roble oaxaqueño, víbora cornuda mexicana, serpiente parche oaxaqueña y serpiente de cascabel de cola negra occidental) y también artrópodos (mariposa cola de golondrina negra, mariposa cola de golondrina de polidamante, avispa de miel azteca, escarabajo hércules mexicano, entre otros) (Naturalista, 2023). Se desconoce la especie de luciérnaga presente en este sitio de avistamiento. El lugar de avistamiento no colinda ni se encuentra dentro de ninguna ANP.

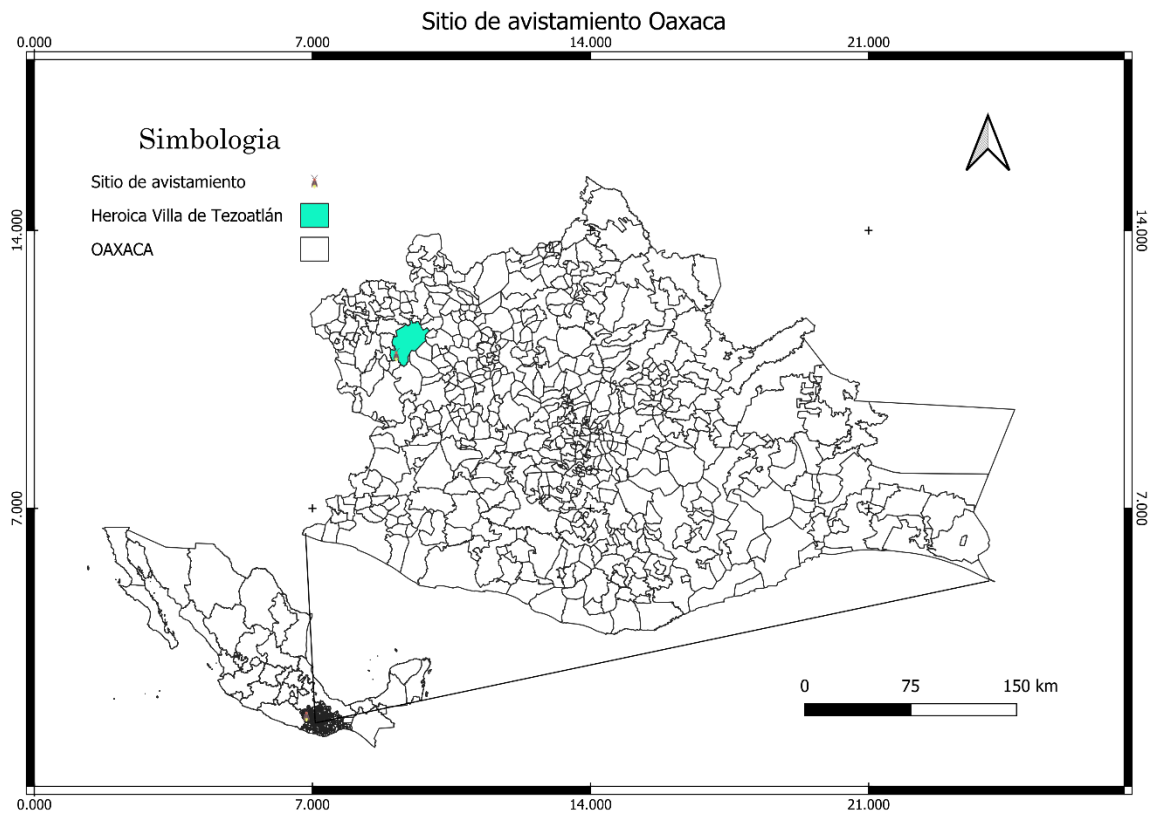


Figura 14. Sitio de avistamiento en Oaxaca, municipio de Heroica Villa Tezoatlán.

CIUDAD DE MÉXICO

La Alcaldía de Tlalpan se ubica al norte 19°19', al sur 19°05' de latitud norte; al este 99°06' y al oeste 99°19' de longitud oeste. La delegación Tlalpan representa el 20.7% de la superficie de la Ciudad de México (INEGI, 1997b).

Bosque de Tlalpan

El Área Natural Protegida Bosque del Pedregal o Bosque de Tlalpan, antiguamente llamada “Cerro de Zacayucan”, es un Área Natural Protegida ubicada en las coordenadas 19°17'47.27" N y 99°11'32.25" W. Su extensión es de 252 ha. Los dos tipos de comunidades naturales principales de este tipo de vegetación son: el matorral xerófilo y el bosque de encino, los cuales presentan a su vez, una variedad de hábitats dominados por los extremos provocados por una temporada de lluvias con casi un metro de lluvia por año y una temporada de sequía, donde el suelo poroso exacerba la sequedad del ambiente ocupados por una rica y variada fauna, cuya composición tan solo en número de especies de aves y mamíferos corresponde a 10% del total de especies de fauna registrada para el país (Jiménez y Gómez, 2022). Con respecto a la fauna, el Bosque de Tlalpan alberga aproximadamente 83 especies de aves, como el gavilán pico de gancho, picogordo tigrillo, carpintero mexicano y colibrí pico ancho, también se pueden encontrar siete especies de reptiles: lagartijas, falso escorpión, víbora de cascabel, serpiente cincuate, etc, así como 47 especies de mamíferos, como murciélagos, cacomixtles y tlacuaches (SEDEMA, 2018). A diferencia de los centros ecoturísticos mencionados anteriormente, el Bosque de Tlalpan no ofrece un servicio ecoturístico, pero Gutiérrez-Carranza *et al.* (2023) reportaron avistamientos de tres luciérnagas:

Photinus palaciosi, *P. extensus* y *Photuris* sp., también se pudo identificar a *P. corrusca* (Gutiérrez-Carranza y Domínguez-León com. per.). Estos avistamientos se reportaron dentro del ANP Bosque de Tlalpan y con los datos descargados de la CONANP se elaboró un mapa en donde se puede observar que colinda con el ANP Fuentes Brotantes de Tlalpan (Fig. 15). En el Bosque de Tlalpan se realizó un recorrido con la finalidad de conocer los lugares de avistamiento y documentarlos, además se tomaron fotografías (Fig. 16-20). En la figura 16 se puede contemplar el lugar con mayor abundancia de *P. palaciosi*, en la figura 17 se registró el sitio donde hubo mayor actividad de *P. palaciosi* (23:30 hrs. hasta las 5:00 hrs.) ya que había muy poca contaminación lumínica (Gutiérrez-Carranza y Domínguez-León com. per.). En las figuras 18-20 se pueden apreciar los sitios en los cuales se observó a *Photuris lugubris*, *P. extensus* y *P. corrusca* respectivamente (Gutiérrez-Carranza y Domínguez-León com. per.).

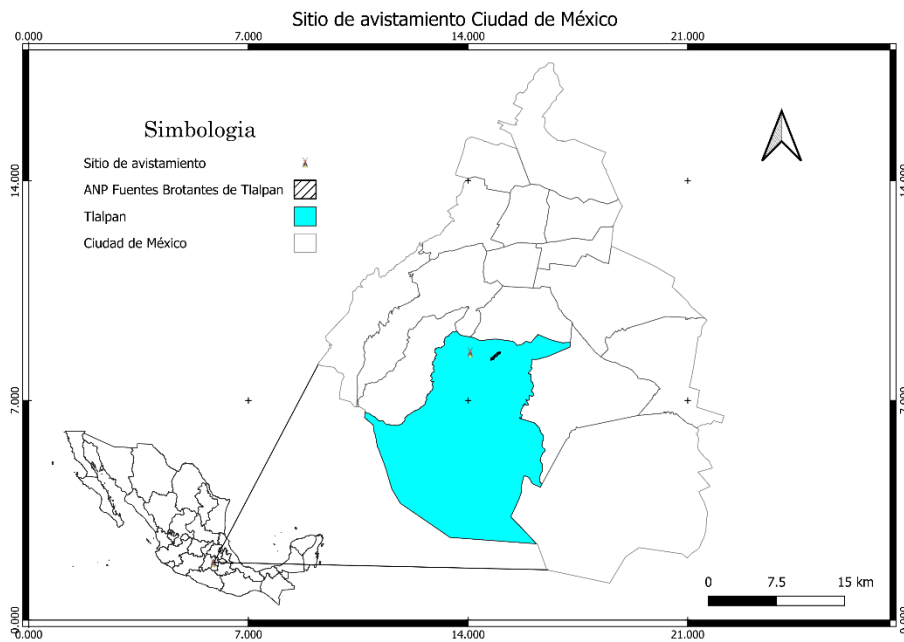


Figura 15. Sitio de avistamiento en Ciudad de México



Figura 16. Sitios donde se observó a *Photinus palaciosi* en el Bosque de Tlalpan, a) sendero, b) arbustos, c) punto más abundante de machos, d) sendero con mayor paso peatonal.



Figura 17. Sitio con más puntos oscuros donde no permeaba tanto la luz artificial en el Bosque de Tlalpan.

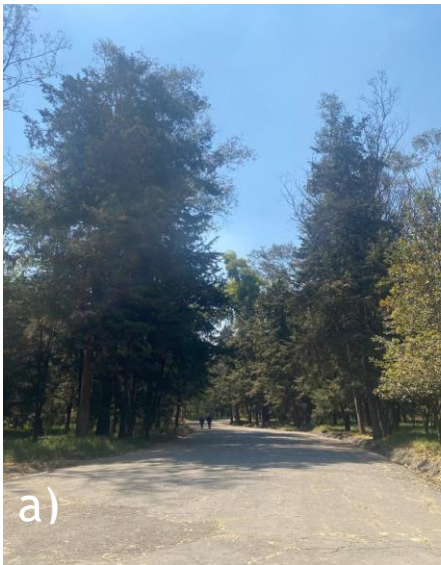


Figura 18. Sitios donde se observó a *Photuris lugubris* en el Bosque de Tlalpan, a) sendero y b) sitio con mayor presencia de *Photuris lugubris*.



Figura 19. Sitios donde se observó a *Photinus extensus* en el Bosque de Tlalpan.



Figura 20. Sitio de avistamiento de *Photinus corrusca* en el Bosque de Tlalpan.

Modelo de distribución potencial

La distribución de los seres vivos es consecuencia de la combinación de múltiples factores tanto ambientales como históricos, entendidos estos últimos como los relacionados con eventos geológicos, por estas razones, su distribución espacial no es aleatoria, sino que obedece al intervalo o capacidad de tolerancia que cada especie tiene a factores ambientales como altitud, posición topográfica, temperatura, humedad y precipitación que Chapman (1976) definió como amplitud ecológica (Gámez, 2011; Leal-Nares *et al.*, 2012). Cuando se habla de distribución se pueden distinguir dos categorías: la real (también llamada ocurrencia) y la potencial. La distribución real se refiere a los sitios en los que se han observado o colectado individuos y la potencial hace alusión a las áreas que tienen condiciones ambientales muy similares a los sitios donde se encuentran las especies y que tienen muy altas probabilidades de estar ocupadas por estas mismas (Gámez, 2011).

En la investigación para la conservación biológica, la estimación de las áreas de distribución potencial y actual de las especies mediante el modelado del nicho ecológico se ha convertido en una actividad importante (Soberón y Nakamura, 2009). La construcción de modelos de distribución geográfica es probablemente la herramienta más adecuada que existe para estimar la distribución geográfica potencial de las especies (Guisan y Thuiller, 2005). Un modelo de distribución, producto de un algoritmo de predicción, permite representar cartográficamente la idoneidad de un área para la presencia de una especie, en función de diferentes variables ambientales (clima, suelo, vegetación, etc.) (Varela *et al.*, 2014).

Actualmente, los modelos de distribución potencial (MNE) tienen múltiples aplicaciones ecológicas como la identificación de regiones para la reintroducción de especies y predecir la pérdida de biodiversidad como consecuencia del cambio climático (Cheung *et al.*, 2009; Owens *et al.*, 2012; Jones *et al.*, 2013; Pikesley *et al.*, 2014). En el caso de este trabajo, se utilizó el MNE para poder sugerir a *P. palaciosi* como especie bandera en los lugares que potencialmente se presente, ya que hasta el momento es la única especie que se ha observado dando espectáculos de luz. A pesar de que en los sitios de avistamiento se encuentran otras especies de luciérnagas, *P. palaciosi* es la única que ofrece grandes espectáculos de luz. Las áreas potenciales de *P. palaciosi* se podrían sugerir como nuevas Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación o reforzar dichas áreas en caso de que ya se encuentren dentro de alguna ANP o ADVC.

Primer modelo de *Photinus palaciosi*

La elaboración del modelo a partir del programa Maxent arrojó varios mapas a partir de 12 réplicas programadas en este mismo. Este primer modelo muestra que tan idónea es la distribución de la especie en función de las 19 variables climáticas. De las 12 réplicas del modelo, se eligió el que presento un promedio general de las 12 repeticiones (Fig. 21).

De acuerdo con la prueba de Jackknife, las variables BIO 7 (rango anual de temperatura), BIO 9 (temperatura media del trimestre más seco) y BIO 15 (estacionalidad de las precipitaciones) fueron las que más contribuyeron al modelo, ya que son las que individualmente tienen la mayor ganancia del modelo (Fig. 22).

De las 12 réplicas elaboradas todas muestran un buen comportamiento en las tablas ROC ya que la curva de predicción siempre se encuentra por arriba de la curva diagonal del modelo, esta curva está basada en muestras de los datos con varias réplicas. El AUC de prueba promedio para las ejecuciones replicadas fue 0.879 lo que indica que el modelo muestra un buen comportamiento de predicción de áreas de distribución (Fig. 23).

Modelo de distribución potencial de *Photinus palaciosi*

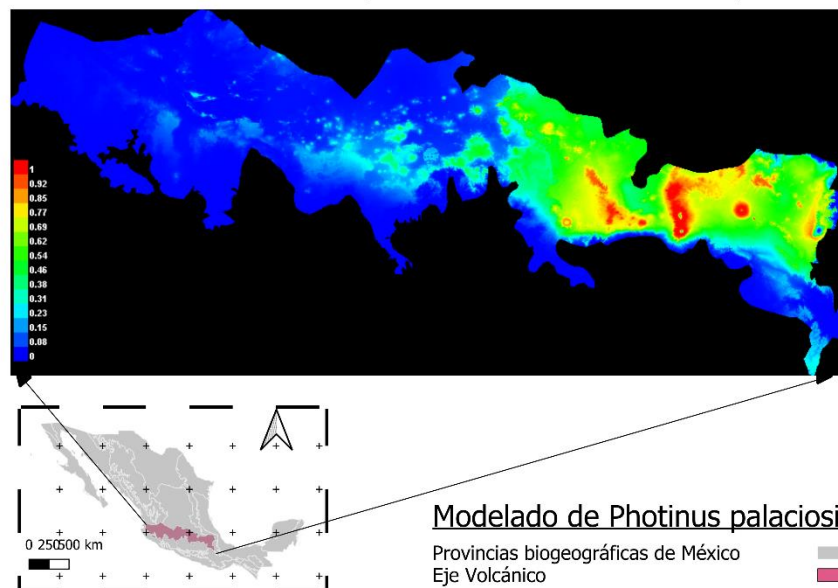


Figura 21. Primer modelo de distribución potencial de *Photinus palaciosi* con las 19 variables climáticas.

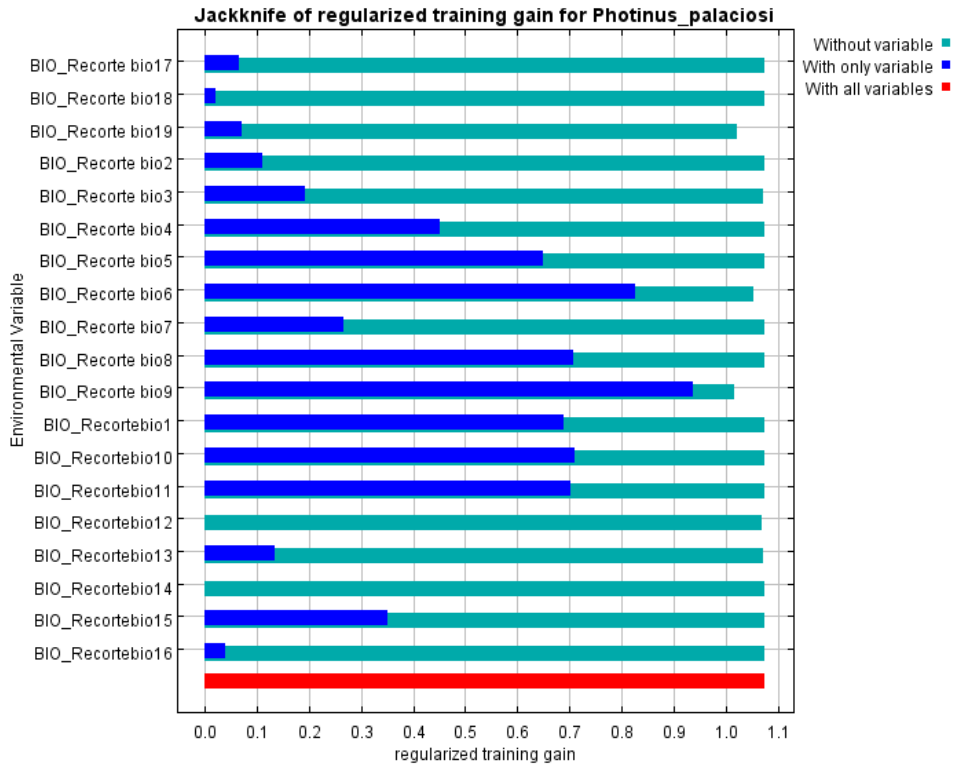


Figura 22. Prueba de Jackknife del primer modelo de *Photinus palaciosi*.

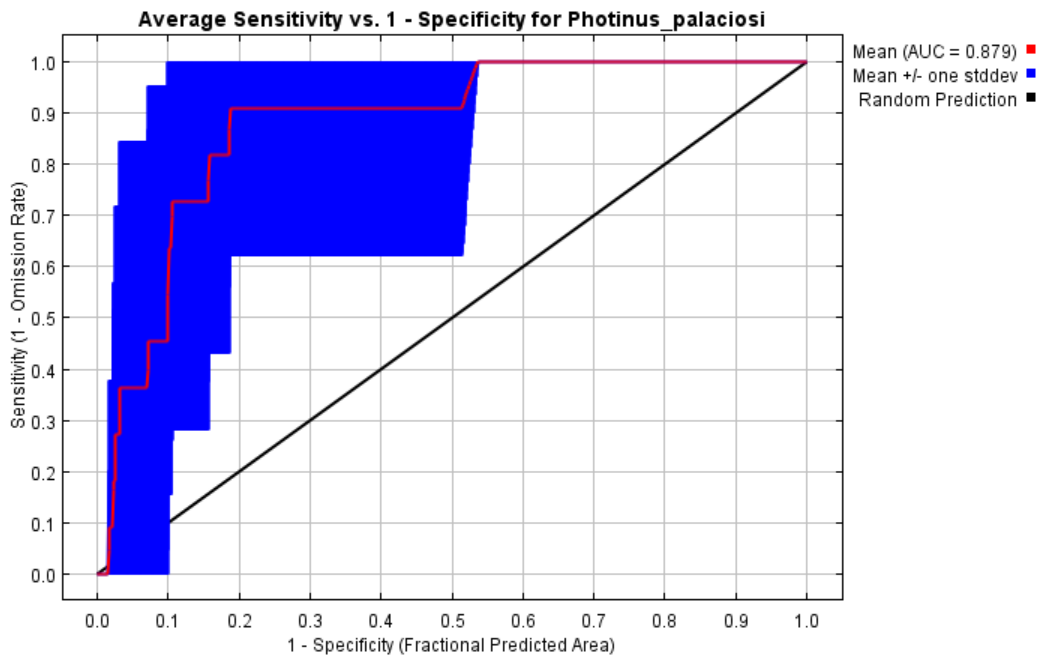


Figura 23. Curva ROC del primer modelo de *Photinus palaciosi*.

Segundo modelo de *Photinus palaciosi*

El ajuste del modelo con las variables seleccionadas dio como resultado las áreas más idóneas en donde se podría encontrar a *P. palaciosi* donde las áreas más cálidas indican la potencial presencia de la especie, ya que se evita sesgos de repetición de datos en la elaboración del modelo (Fig. 24). Se observó que el modelo es potencialmente útil ya que su valor de AUC en la curva ROC fue de 0.877 (Fig. 25) lo que nos indica que el modelo dio una distribución precisa de la especie.

Reclasificación del modelo de *Photinus palaciosi*

El mapa arrojado de la reclasificación del modelo nos muestra solo las regiones donde potencialmente puede estar la especie y donde no, dentro del espacio M establecido, se puede observar regiones blancas las cuales son los sitios donde potencialmente se puede encontrar la especie, mientras que las regiones negras son aquellas que no cuentan con las condiciones favorables para que se pueda distribuir (Fig. 26).

Modelo de distribución potencial de *Photinus palaciosi*

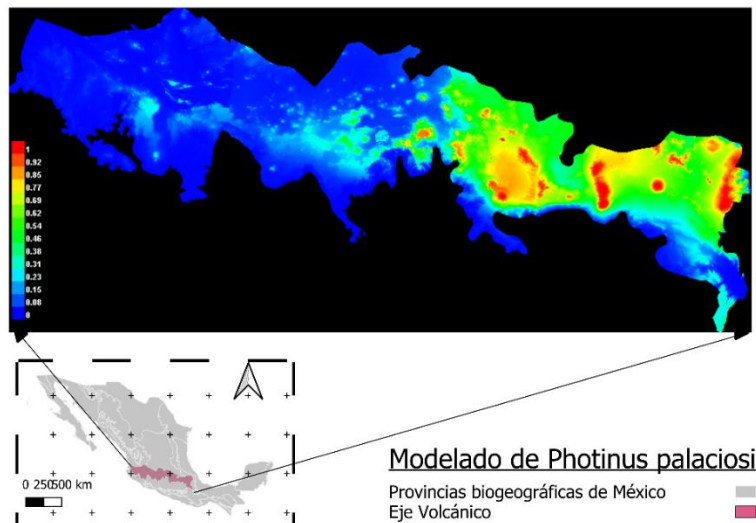


Figura 24. Segundo modelo de distribución potencial de *Photinus palaciosi* con las tres variables climáticas seleccionadas BIO 7, BIO 9 y BIO 15.

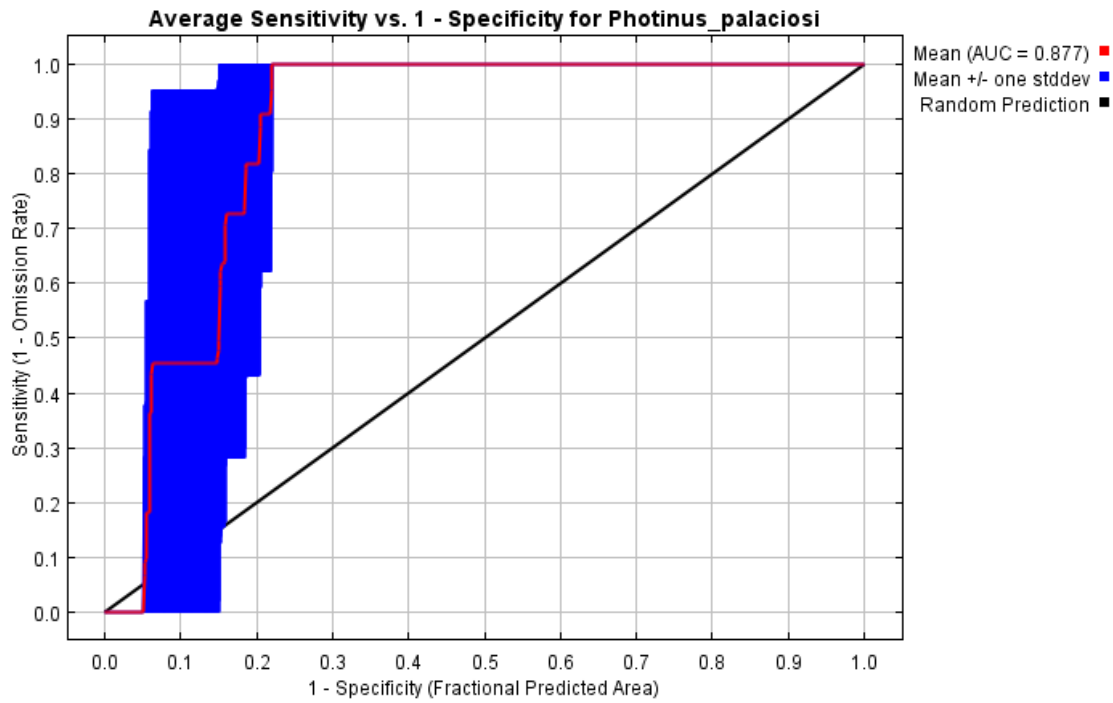


Figura 25. Curva ROC del segundo modelo de *Photinus palaciosi*.

Modelo de distribución potencial de *Photinus palaciosi* reclasificado

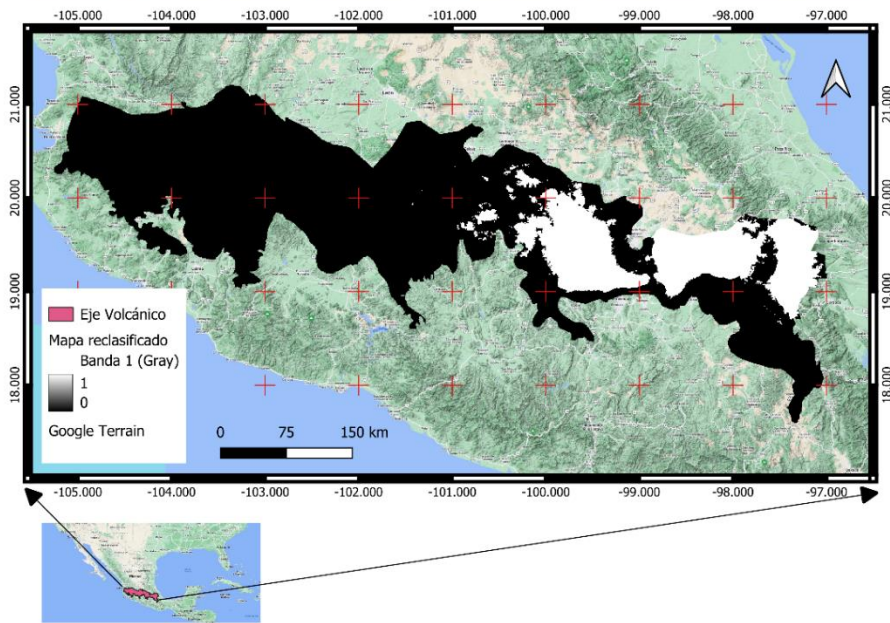


Figura 26. Modelo de distribución potencial de *Photinus palaciosi* reclasificado.

Modelo de distribución potencial con la capa de uso de suelo y vegetación

De acuerdo con la capa de uso de suelo y vegetación se observa que el bosque templado cumple con las condiciones ambientales favorables para la distribución de la *P. palaciosi* (Fig. 27).

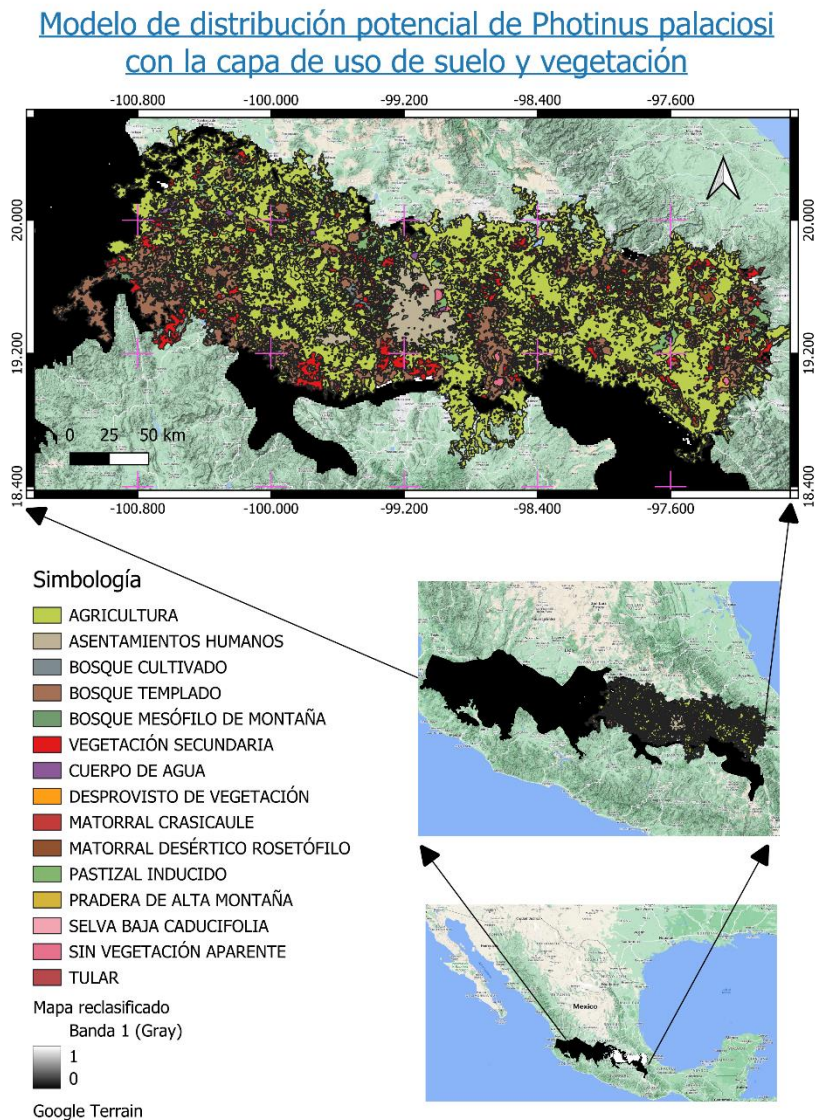


Figura 27. Modelo de distribución potencial de *Photinus palaciosi* con la vegetación asociada a la capa de uso de suelo y vegetación.

DISCUSIÓN

Photinus palaciosi en México tiene un potencial de especie bandera ya que cumple con los objetivos de esta categoría, los cuales son ser abundantes, llamativas, sensibles a los cambios ambientales, fáciles de encontrar y monitorear (Noss, 1990; Caro O'Doherty 1999). Lo anterior se debe a que es la única especie dentro de las ocho que se han registrado en los sitios de avistamiento que genera un gran espectáculo de luz, que es lo que la hace carismática. La comprensión de la diversidad y taxonomía de las luciérnagas, aplicada más ampliamente, puede ser importante para diseñar medidas de conservación que protejan de una manera más eficaz a los organismos que coexisten en el mismo hábitat.

Lewis *et al.* (2021) señalan que se tiene el registro de más de 50 sitios de avistamiento repartidos en seis estados mexicanos, en el año 2020 registraron alrededor de 31 sitios en Tlaxcala, 14 en Puebla, cuatro en el Estado de México, tres en Michoacán, dos en Querétaro y uno en Oaxaca e Hidalgo. Sin embargo, en esta investigación se recopilaron 34 sitios de avistamiento: 12 en Tlaxcala, siete en Puebla, siete en el Estado de México, tres en Michoacán, dos en Querétaro, uno en Oaxaca, uno en Hidalgo y uno en la Ciudad de México. Esto se debe a que existe un sesgo en la escasez de registros y la falta de información publicada. Además, muchos de los sitios de avistamiento no están registrados ante la CONANP y no se sabe la cifra ni la ubicación exacta.

En México, se conocen 25 géneros y 280 especies de luciérnagas (Zaragoza-Caballero *et al.*, 2023). Sin embargo, su conocimiento taxonómico, biológico y ecológico sigue siendo escaso y aún existe un gran número de especies por

descubrir y describir (Zaragoza-Caballero *et al.*, 2020b) por lo que aún se desconocen muchas de las especies de luciérnagas que habitan en algunos sitios de avistamiento. Por esta razón, se recomienda realizar estudios taxonómicos para poder determinar las especies presentes en estos sitios. El conocimiento taxonómico de las especies es fundamental para la comprensión de la biodiversidad, sobre todo en un país beta-diverso como México. Es evidente que se debe hacer un mayor esfuerzo de investigación para conocer los distintos aspectos biológicos de las luciérnagas y de este modo, establecer estrategias de conservación adecuadas para estos insectos y su hábitat.

Dentro de lo que son los avistamientos, hay áreas que están declaradas como Área Natural Protegida. Las áreas naturales protegidas son las áreas bajo la administración de la CONANP, cuyo objetivo principal es la protección de la biodiversidad, para esto es necesario revisar su funcionamiento, su tamaño, su conectividad y su representatividad (Ilyina, *et al.*, 1998).

Algunos sitios de avistamiento también se encuentran dentro o colindan con un ADVC. Las Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC) son áreas naturales protegidas de gran riqueza natural que pueblos indígenas, organizaciones sociales y personas físicas o morales han destinado de manera voluntaria a la conservación ambiental. Poseen características biológicas y ecológicas similares a las de una Reserva de la Biosfera, Parque Nacional o Área de Protección de Flora y Fauna. Son fundamentales para ampliar la superficie protegida del país y preservar nuestros recursos naturales (CONANP, 2019a). La importancia de las ADVC radica en sus beneficios medioambientales, entre los

cuales están: mitigación del cambio climático, regulación del clima, mejora en la calidad del aire, mejora en la calidad del agua, protección de la dinámica de los ecosistemas, conservación de especies de flora y fauna (CONANP, 2019b).

Con respecto al modelo de distribución potencial, de acuerdo con Gutiérrez-Carranza *et al.* (2023) es más común encontrar a *P. palaciosi* en elevaciones cercanas a los 2500 msnm, habitando bosques templados. El modelo arrojó una distribución potencial de *Photinus palaciosi* en la parte este del Eje volcánico, en los estados de: Estado de México, Guanajuato, Michoacán, Morelos, Querétaro, Puebla, Tlaxcala y Ciudad de México. Se podría sugerir a *P. palaciosi* como especie bandera en todos estos estados. Con respecto a estos resultados, se puede inferir que esta especie tiene preferencia por el ecosistema de bosque templado.

Con las capas de uso de suelo y vegetación, se pudo observar en el modelo que el bosque templado es el nicho más idóneo para la especie. Sin embargo, es importante destacar que la vegetación presente en el área más idónea para la distribución de la especie (bosque templado) se ha visto sumamente perjudicada por el cambio de uso de suelo, ya que la gran mayoría se ha convertido en regiones de agricultura, así como pastizales inducidos para la ganadería, asentamientos humanos, de igual forma la deforestación ha provocado que gran parte de la vegetación sea considerada de tipo secundaria.

Originalmente, *P. palaciosi* se conocía solo para el estado de Tlaxcala (Zaragoza-Caballero, 2012), pero con los últimos estudios realizados se ha documentado su distribución en otros estados como Puebla, Estado de México e

incluso en la Ciudad de México (Gutiérrez-Carranza *et al.*, 2023; Lewis *et al.*, 2021; Zaragoza-Caballero *et al.*, 2020). A pesar de que se considera endémica para el estado de Tlaxcala (Pérez-Hernández *et al.*, 2022) con este estudio se podría reconsiderar ese estatus. No obstante, el termino endemismo es un concepto que se debe tomar con cuidado en grupos que presentan un escaso conocimiento de su distribución, como ocurre con las luciérnagas en México, lo que se demuestra con el aumento de nuevos registros y la descripción de nuevas especies en el país (Zaragoza-Caballero *et al.*, 2020; 2023).

A pesar de que ciertos avistamientos ya estén en un Área Natural Protegida o un Área Destinada Voluntariamente a la Conservación no se garantiza la conservación de las especies dado el manejo que se les da, por este motivo, si se implementara a *P. palaciosi* como especie bandera podría reforzar la protección y preservación de las especies.

Dada la definición de santuario de la CONANP (2023a) y López (2019) los únicos avistamientos que podrían tener esta categoría serían los del municipio de Nanacamilpa, en ellos habita *P. palaciosi* cuya distribución es restringida en las provincias biogeográficas de la Faja Volcánica Transmexicana y la Sierra Madre Oriental (Gutiérrez-Carranza *et al.*, 2023).

En México se utilizan cuatro categorías para las especies que se encuentran en riesgo, publicadas en la NOM-059: probablemente extinta en el medio, en peligro de extinción, amenazadas y sujetas a protección especial (CONABIO, 2020). Los municipios donde se encuentran los lugares de avistamiento cuentan con flora y

fauna bajo alguna categoría, por ejemplo, para el estado de Tlaxcala se tiene el registro de 254 especies aproximadamente de aves y mamíferos, de los cuales 13 son semi-endémicos, cinco cuasi-endémicos y 22 endémicos de México, cuatro están bajo alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Fernández *et al.*, 2007; Ramírez-Albores *et al.*, 2014); para el estado de Puebla se tiene el registro de 64 especies aproximadamente de anfibios, reptiles, mamíferos y aves, de las cuales 33 son endémicas, una está en peligro de extinción 8 amenazadas y 17 bajo protección especial según la NOM-059-SEMARNAT-2010 (CONAFOR, 2017); para el Estado de Michoacán, se tiene el registro de 224 especies endémicas del país (Pérez, 2021), 271 especies enfrentan algún nivel de riesgo, 207 son de fauna; 54 de flora, y diez integrantes de hongos, con respecto a la fauna, según la NOM-059-SEMARNAT-2010 se tienen dos especies probablemente extintas, 25 en peligro de extinción, 48 amenazadas, 95 sujetas a protección especial (CONAFOR, 2007); para Temascaltepec, se tiene el registro de 60 especies de vertebrados, 20 de ellas son endémicas de México, una especie está en peligro de extinción, cinco se encuentran en la categoría de amenazadas y dos sujetas a protección especial con base en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Islas y Ayllón, 2019).

Debido a lo anterior, al fungir las luciérnagas como especie bandera, contribuirían con la conservación de las demás especies que habitan el sitio, sobre todo de aquellas que son endémicas, lo que significa que no tienen reemplazos y están limitadas a ese entorno específico. A su vez, las luciérnagas pueden reducir la categoría bajo la que están muchas de las especies presentes en los lugares de avistamiento. Así mismo, se puede sugerir la reintroducción de especies a su

hábitat, por ejemplo, en el municipio de Amecameca ya no se encuentran el venado cola blanca, el temazate, el gato montés y diversas aves (González, 2013), al crear la luciérnaga una zona de conservación estas especies podrían reintroducirse con éxito.

Otra razón para implementar a la luciérnaga como especie bandera es el ecoturismo, al ser especies carismáticas por presentar el fenómeno de bioluminiscencia, generando los espectáculos de luz, podrían contribuir con captar la atención de la sociedad y concientizar a la población sobre la importancia de proteger y conservar a estos animales, y por ende a sus hábitats.

Sin embargo, el turismo tiene desventajas, podría destruir o degradar directamente el hábitat de las luciérnagas durante la construcción de la infraestructura asociada, como instalaciones turísticas en el lugar, muelles, complejos turísticos, restaurantes y estacionamientos. También puede conducir indirectamente a la degradación del hábitat a través de la compactación y erosión del suelo, la alteración de la hojarasca, la contaminación del agua o la contaminación lumínica (Buckley y Pannell, 1990). El pisoteo asociado con el tráfico peatonal pesado causa la compactación del suelo, la fragmentación de la basura y la erosión (Ceballos-Lascurain, 1996), y puede alterar las comunidades de plantas y reducir la disponibilidad de presas. Al mismo tiempo, el pisoteo puede reducir la supervivencia de las luciérnagas directamente al causar la mortalidad de las etapas del ciclo de vida que habitan en el suelo, que incluyen huevos, larvas y pupas. En aproximadamente el 25% de todas las especies de luciérnagas en todo el mundo, las hembras adultas son particularmente vulnerables al pisoteo porque carecen de

alas funcionales y, por lo tanto, no pueden volar (por ejemplo, la luciérnaga fantasma azul, *Phausis reticulata*). Además, el tráfico pesado puede reducir el éxito reproductivo de las luciérnagas al interrumpir las parejas apareadas que se posan en la vegetación baja y al pisotear inadvertidamente a las hembras mientras buscan sitios de oviposición en el suelo (Lewis *et al.*, 2021).

Con respecto a la contaminación lumínica, se sabe que la luz artificial interrumpe la señalización del cortejo de las luciérnagas (Owens y Lewis, 2018). Esta contaminación puede provenir de fuentes estacionarias asociadas con el desarrollo de la infraestructura, incluida la señalización comercial para las operaciones turísticas, los centros turísticos, la iluminación de calles y muelles y las instalaciones sanitarias. El cortejo de luciérnagas también puede verse interrumpido por luces portátiles como faros delanteros, luces de botes, linternas e incluso teléfonos celulares y flashes de cámaras (Thancharoen y Masoh, 2019). Además de su impacto ecológico sobre las luciérnagas y su hábitat, el turismo mal gestionado puede tener consecuencias sociales y culturales negativas. Siempre que las tasas de visitas de un sitio excedan su capacidad de carga, el hacinamiento disminuirá la experiencia del visitante. Además, el rápido aumento del número de turistas puede causar conflictos entre las partes interesadas al sobrecargar la infraestructura local, incluidas carreteras, ríos y sistemas de tratamiento de aguas residuales (Borges *et al.*, 2011).

Una forma de lidiar con estas desventajas es implementar un ecoturismo. En México, el ecoturismo ha experimentado una tasa de crecimiento anual de 25% en las últimas dos décadas. Es un tipo de turismo que pretende poner al visitante en

contacto con la naturaleza y preservar el medio ambiente, además de ser importante para mejorar el bienestar de las poblaciones locales pues resulta una importante actividad complementaria para la subsistencia (SPSB, 2021). Utilizando el conocimiento existente sobre la ecología y el comportamiento de las especies de luciérnagas, se puede predecir qué rasgos y comportamientos harán que ciertas especies de luciérnagas sean especialmente vulnerables a amenazas particulares (Reed *et al.*, 2020).

El turismo de luciérnagas es muy popular en un amplio ámbito geográfico, ya que los destinos en 12 países (Tailandia, Malasia, India, Corea del Sur, Japón, China, Estados Unidos, México, Bélgica, Portugal, Suiza e Italia) atraen colectivamente a más de un millón de visitantes al año (Lewis *et al.*, 2021).

Actualmente, los sitios turísticos más visitados se encuentran en Asia, por ejemplo, en Corea en 2019 más de 200,000 visitantes asistieron al Festival Muju Firefly anual de nueve días para ver a la luciérnaga *Pyrocoelia rufa*, entre otras actividades. En Taiwán, el gobierno proclamó el año 2002 como el Año del Ecoturismo y comenzó a promover activamente más de 30 sitios de luciérnagas en todo el país (Oficina de Turismo de Taiwán, 2017 citado en Lewis *et al.*, 2021), convirtiendo la observación de luciérnagas en una actividad recreativa popular. Varios sitios en el Área Escénica Nacional Alishan de Taiwán ahora atraen colectivamente a 346,000 visitantes para ver varias especies cuyas exhibiciones de cortejo ocurren durante la primavera, el otoño o el invierno. En Japón, muchas ciudades albergan festivales anuales de luciérnagas (conocidos como hotaru matsuri) que atraen a miles de turistas de todo el país (Haugan, 2019; Hosaka *et*

al., 2016). En Hong Kong, el turismo de luciérnagas se concentra en la Reserva Natural Tai Po Kau, donde se estima que llegan entre 5,000 y 10,000 visitantes durante julio y agosto para ver a *Pygoluciola qingyu* (adultos) y *Pyrocoelia lunata* (larvas) (Lewis *et al.*, 2021).

El hecho de atraer una cantidad fuerte de turistas contribuye económicamente en la comunidad. En el caso de México, para el santuario de Nanacamilpa, Marco Antonio Mena Rodríguez, gobernador del estado de Tlaxcala, informó en el 2019 que para esa temporada de avistamiento se esperaba la llegada de 127 mil visitantes, con una derrama económica de 48 millones de pesos en estos poco más de 52 días de avistamiento (SECTUR, 2019).

De acuerdo con Lewis *et al.* (2021) aunque el estudio del ecoturismo ha sido criticado por su enfoque normativo, su objetivo es proporcionar un conjunto flexible de pautas que puedan adaptarse a las circunstancias locales. Dado que cada sitio turístico de luciérnagas representa un conjunto único de factores biológicos, sociales y económicos, ninguna guía será de aplicación universal. Sin embargo, sostienen que cada sitio puede desarrollar un plan de manejo que funcione para proteger a las luciérnagas conservando los hábitats requeridos por todas sus etapas de vida, para involucrar a las comunidades locales como parte clave y para proporcionar programas de capacitación para guías y exhibiciones interpretativas para los visitantes. De igual forma, ayudar a proteger las poblaciones de luciérnagas y mejorar la experiencia del visitante, por lo que recomiendan que los operadores turísticos públicos y privados en los sitios de luciérnagas tomen las siguientes acciones:

1. Conservar los hábitats necesarios para que prosperen todos los estadios de las luciérnagas.
2. Involucrar a las comunidades locales como parte clave.
3. Proporcionar programas de formación para guías y materiales interpretativos para visitantes.

Lewis *et al.* (2021) también proveen sugerencias de comportamiento turístico que minimizarían los impactos en las poblaciones de luciérnagas, esto lo reflejan en una etiqueta de observación de luciérnagas, en la cual implementan las siguientes pautas para transformar el comportamiento de los turistas, ayudar a minimizar el impacto de los visitantes en las poblaciones de luciérnagas y mejorar la calidad de la experiencia de las luciérnagas para todos los visitantes:

- Sin luces artificiales (sin linternas, linternas, teléfonos, zapatos iluminados).
- Sin fotografía con flash.
- Permanecer en el sendero marcado en todo momento.
- Hablar en voz baja.
- Sin capturar luciérnagas ni perturbar sus sitios de exhibición.
- No fumar ni perfumarse mucho.
- Cubrirse para protegerse de los mosquitos, si se necesitara repelente, aplicarlo antes de llegar al sitio.

Es pertinente tomar en cuenta todas estas sugerencias y aplicarlas a los santuarios de México, de esta manera se vería beneficiado el ecoturismo, se reduciría el impacto que se genera en las poblaciones de luciérnagas y a su vez las protegería, además de que si se protege a las luciérnagas se contribuiría con la conservación de la fauna, flora y todo lo que habita el sitio.

CONCLUSIÓN

La implementación de *Photinus palaciosi* como especie bandera beneficiará a los hábitats de las mismas, favoreciendo la conservación, protección y preservación de todas las especies que habitan en los sitios de avistamiento, sobre todo las especies endémicas y las que estén bajo alguna categoría de la NOM-059. Además, con la protección que se brinde se podría implementar la reintroducción de algunas especies que ya no se encuentren en su medio natural.

Es necesario realizar estudios taxonómicos en Michoacán, Querétaro y Oaxaca para conocer la especie de luciérnaga que esté presente, esto es importante porque de esa manera se pueden establecer acciones eficaces para preservar la riqueza de estos insectos y sus hábitats.

El modelo de distribución potencial de *P. palaciosi* predijo una distribución idónea en los estados de Estado de México, Guanajuato, Michoacán, Morelos, Querétaro, Puebla, Tlaxcala y Ciudad de México, en la parte este del eje volcánico, el nicho idóneo para que se distribuya la especie es bosque templado; sin embargo, se observó que su nicho idóneo esta mermado por la actividad antrópica. Con este modelo se podría sugerir a *P. palaciosi* como especie bandera en los estados de

Michoacán, Morelos, Guanajuato y Querétaro. No obstante, dado que el conocimiento sobre la distribución de las especies ya descritas de luciérnagas es incompleto, se requieren más estudios para poder conocer si la especie que se presente en estos lugares es *P. palaciosi* y se pueda cumplir su papel de especie bandera.

Durante las últimas décadas el turismo de luciérnagas ha despegado para convertirse en una actividad recreativa popular no solo en Japón y Tailandia, sino también en Corea, Taiwán, Malasia, India, México y Estados Unidos (Lewis *et al.*, 2021). El ecoturismo funciona como herramienta para dar a la conservación un valor monetario tangible, que sirva de argumento para convencer al público de la importancia que tiene la conservación de sus recursos. Si se ponen en práctica las sugerencias de Lewis *et al.* (2021) en los santuarios de México, el ecoturismo sería una actividad más redituable y se reducirían las perturbaciones de los hábitats y todo lo que habita en ellos.

A pesar de que muchos sitios de avistamiento ya se encuentran dentro de una ANP o ADVC, *P. palaciosi* podría reforzar la protección y preservación de las especies al implementarse como especie bandera. De igual forma, si se establece a *P. palaciosi* como especie bandera se podrían proponer nuevas Áreas Naturales Protegidas o Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación. De esta forma, se podrían generar estrategias de conservación, esto aunado al ecoturismo que generaría los ingresos necesarios para la comunidad, lo que incrementaría el interés en la conservación de dichas áreas.

REFERENCIAS

Altamirano-Álvarez, T. A., Soriano-Sarabia, M., y Torres-Reyes, S. (2006). Anfibios y reptiles de Tepetzotlán, Estado de México. *Revista de Zoología*, (17), 46-52.

Andelman, S. J. y Fagan, W. F. (2000). Umbrellas and flagships: efficient conservation surrogates or expensive mistakes? *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(11), 5954-5959.

Andow, D. A., Baker, R. J., y Lane, C. P. (1994). *Karner blue butterfly: a symbol of a vanishing landscape*. Minnesota Agricultural Experiment Station.

Arce-Crespo, J. I., Jiménez-Mendoza, S., y Sánchez-Fernández, P. (2010). Recopilación de la información biogeográfica, análisis de patrones ecológicos, conservación y mapa potencial de *Graellsia isabelae* (Graells, 1849) (Lepidoptera, Saturniidae) en la provincia de Cuenca, España. *Graellsia*, 66(1), 9-20.

Arnett, Jr., R. H., Thomas, M. C., Skelley, P. E. y Frank, J. H. (2002). *American beetles*. CRC Press, Boca Raton, FL.

Arranz, C. y García, A. (2017). La mariposa isabelina en la Sierra de Guadarrama. El Guadarramista, Madrid. Recuperado el 09 diciembre, 2020 de: <https://elguadarramista.com/2017/03/28/la-mariposa-isabelina-en-la-sierra-de-guadarrama/>

Ayuntamiento de Amealco de Bonfil (2015). *Programa de ordenamiento ecológico local del municipio de Amealco de Bonfil, Querétaro*. Gob.mx. Recuperado el 28 de

septiembre,

2023

de:

<https://www.amealco.gob.mx/transparencia/httpdocs/PDF/toda%20informacion%20de%20utilidad/RESUMEN%20POEL.pdf>

Berger, J. (1997). Population Constraints Associated with the Use of Black Rhinos as an Umbrella Species for Desert Herbivores: Restricción de Poblaciones Asociadas con el Uso de Rinocerontes Negros como “Sombrilla de Especies” para Herbivoros del Desierto. *Conservation Biology*, 11(1), 69-78.

Black, S. H., Shepard, M. y Allen, M. M. (2001). Endangered invertebrates: the case for greater attention to invertebrate conservation. *Endangered Species Update*, 18(2), 41-49.

Borges, M. A., Carbone, G., Bushell, R. y Jaeger, T. (2011). *Sustainable tourism and natural World Heritage: Priorities for action*. IUCN.

Branham, M. A. (2010). Lampyridae Latreille, 1817, pp. 141–145. En R. G. Beutel, R. A. B. Leschen, y J. F. Lawrence (eds.), *Handbook of Zoology*. Volume IV: Arthropoda: Insecta, Part 38. Coleoptera, Beetles Volume 2. Morphology and systematics (Polyphaga Partim). Walter DeGruyter, Berlin, Germany

Branham, M. A. (2015). Escarabajos (Coleóptera) del Perú: una encuesta a las familias. Lampyridae. *Revista de la Sociedad Entomológica de Kansas*, 88(2), 248-250.

Buckley, R. y Pannell, J. (1990). Environmental impacts of tourism and recreation in national parks and conservation reserves. *Journal of Tourism Studies*, 1, 24–32.

Callicott, J. B. y Mumford, K. (1997). Ecological sustainability as a conservation concept: Sustentabilidad ecológica como concepto de conservación. *Conservation biology*, 11(1), 32-40.

Campos, R., Zaragoza-Caballero, S. y Pérez, C. (2017). Familia Lampyridae. In F. Cibrián (Ed.), *Fundamentos de Entomología Forestal*. Recuperado el 26 noviembre, de: https://www.researchgate.net/publication/325177919_Familia_Lampyridae

Cantú, C., Koleff, P., Tambutti, M., March, I., Esquivel, R. y Lira-Noriega, A. (2009). Identificación de prioridades y análisis de vacíos y omisiones en la conservación de la biodiversidad de México.

Carignan, V. y Villard, M. A. (2002). Selecting indicator species to monitor ecological integrity: a review. *Environmental monitoring and assessment*, 78(1), 45-61.

Caro, T. M. (2003). Umbrella species: critique and lessons from East Africa. *Animal Conservation*, 6(2), 171-181.

Caro, T. M. y O'Doherty, G. (1999). On the use of surrogate species in conservation biology. *Conservation biology*, 13(4), 805-814.

Casco, S., Basterra, N. y Neiff, J. (2008). Manual de Biodiversidad de Chaco, Corrientes y Formosa. *Editorial Universidad Universitaria Nacional del Nordeste*.

Ceballos-Lascurain, H. (1996). *Tourism, ecotourism and protected areas*. Gland, Switzerland: IUCN, The World Conservation Union.

Chapman, S. B. (1976). *Methods in plant ecology*. Blackwell Scientific, Osney Mead, Oxford. 580 p

Cheung, W. W. L., Lam, V. W. Y., Sarmiento, J. L., Kearney, K., Watson, R. y Pauly, D. (2009). Projecting global marine biodiversity impacts under climate change scenarios. *Fish and Fisheries*, 10, 235–251.

CONABIO. (2011). *La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado*. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

CONABIO. (2020). *Categorías de riesgo en México*. Recuperado el 28 junio, 2021 de: <https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/catRiesMexico>

CONAFOR. (2007). *Programa de Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Michoacán 2030*. Recuperado el 29 junio, 2021 de: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/12/182Programa%20Estrat%20a9gico%20Forestal%20del%20Estado%20de%20Michoacan%20Tomo%20I.pdf>

CONAFOR. (2017). *Estudio Regional de Fauna Silvestre en la UMAFOR 2108*. Recuperado el 28 junio, 2021 de: https://www.conafor.gob.mx/EstudiosRegionalesForestales/ERF_FAUNA_UMAFOR_2108.pdf

CONANP. (2005). *Programa de conservación y manejo: Parque Nacional El Chico*, México. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

CONANP. (2019a). Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación. Gob.mx. Recuperado el 05 de octubre, 2023 de: <https://advc.conanp.gob.mx/infografia-queson/>

CONANP. (2019b). Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación: participación social por el ambiente. gob.mx. Recuperado el 10 de octubre, 2023 de: <https://www.gob.mx/conanp/articulos/areas-destinadas-voluntariamente-a-la-conservacion-participacion-social-por-el-ambiente-193042>

CONANP. (2023a). Áreas Naturales Protegidas. gob.mx. Recuperado el 15 de octubre, 2023 de: <https://www.gob.mx/conanp/documentos/areas-naturales-protegidas-278226?state=published>

CONANP. (2023b). Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación. Gob.mx. Recuperado el 15 de octubre, 2023 de: <https://advc.conanp.gob.mx/listado-de-advc/>

Conde, D. A., Colchero, F., Huerta, E., Manterola, C., Pallares, E., Rivera, A. y Soler, A. (2011). El jaguar como elemento estratégico para la conservación. *Corredor Biológico Mesoamericano México Serie Acciones*, (8), 10-14.

Cruz, H. (2014). *Biodiversidad de arañas (Arachnida: Araneae) del Parque Estatal Sierra de Guadalupe*. Tesis de licenciatura. Instituto Politécnico Nacional.

Cruz-Molina, I., Ponce-Guevara, J. E. y Martínez, M. (2020). Colaboración internacional para fortalecer los esfuerzos de conservación del jaguar en México: Proyecto Especies en Riesgo. Recuperado el 28 abril, 2021 de:

https://www.academia.edu/43938600/Manejo_y_conservaci%C3%B3n_del_jaguar_en_la_Reserva_de_la_Biosfera_Sierra_del_Abra_Tanchipa

Dávila, P., Villaseñor, J.L., Medina, R., Ramírez, A., Salinas, A., Sánchez, J. y Tenorio, P. (1993). Listados florísticos de México X. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Instituto de Biología, UNAM, México, 195 pp.

Day, J. C. y DeCock, R. (2011). Secondary structure of the mitochondrial large subunit rRNA (16S) and its implications for the phylogenetic reconstruction of the coleopteran family Lampyridae. *Lampyrid*, 1, 39-60.

Day, J. C., Tisi, L. C. y Bailey, M. J. (2004). Evolution of beetle bioluminescence: the origin of beetle luciferin. *Luminescence: The journal of biological and chemical luminescence*, 19(1), 8-20.

De Cock, R. y Matthysen, E. (1999). Aposematism and bioluminescence: experimental evidence from glow-worm larvae (Coleoptera: Lampyridae). *Evolutionary Ecology*, 13(7), 619-639.

ECURED. (2017). Tlalpujahua (México). Ecured.cu. Recuperado el 26 de septiembre, 2023 de: [https://www.ecured.cu/Tlalpujahua_\(M%C3%A9xico\)](https://www.ecured.cu/Tlalpujahua_(M%C3%A9xico))

ECURED. (2020). San Salvador el Verde (México). Ecured.cu. Recuperado el 20 de septiembre, 2023 de: [https://www.ecured.cu/San_Salvador_el_Verde_\(M%C3%A9xico\)](https://www.ecured.cu/San_Salvador_el_Verde_(M%C3%A9xico))

Faust, L. F. (2017). *Luciérnagas, luciérnagas y chinches: identificación e historia natural de las luciérnagas del este y centro de Estados Unidos y Canadá*. Prensa de la Universidad de Georgia.

Favreau, J. M., Drew, C. A., Hess, G. R., Rubino, M. J., Koch, F. H. y Eschelbach, K. A. (2006). Recommendations for assessing the effectiveness of surrogate species approaches. *Biodiversity & Conservation*, 15(12), 3949-3969.

Fernández, J. A., Windfield-Pérez, J. C. y Corona, M. C. (2007). Tlaxcala. En Ortiz-Pulido, R., Navarro-Sigüenza, A., Gómez de Silva, H., Rojas-Soto, O. y Peterson, T.A. (Eds.), *Avifaunas Estatales de México*. CIPAMEX. Pachuca, Hidalgo, México. Pp. 137- 164.

Ferreira, V. S., Keller, O. y Branham, M. A. (2020). Multilocus phylogeny support the nonbioluminescent firefly Chespirito as a new subfamily in the Lampyridae (Coleoptera: Elateroidea). *Insect Systematics and Diversity*, 4, 1–13. <https://doi.org/10.1093/isd/ixaa014>

Ferreira, V. S., Keller, O. e Ivie, M. A. (2022). Descriptions of new species of Chespirito Ferreira, Keller & Branham (Coleoptera: Lampyridae: Chespiritoinae) and the first record for the subfamily in the United States. *Zootaxa*, 5124, 230–237. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.5124.2.8>

Fleishman, E., Murphy, D. D. y Blair, R. B. (2001). Selecting effective umbrella species. *Conservation in practice*, 2(2), 17-23.

Galup, A. (2019). Preferencias alimenticias de las orugas de la mariposa “Bandera argentina” (*Morpho epistrophus argentinus* Fruhstorfer; Lepidoptera: Nymphalidae) en los bosques y selvas del nordeste bonaerense. *Revista de Divulgación Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental*. 6 (3) 2021, 11-18

Gámez R. P. (2011) Guía para la elaboración de mapas de distribución potencial, Universidad Veracruzana, facultad de ciencias Biológicas y Agropecuarias. Recuperado el 28 noviembre, de 2023: <https://www.uv.mx/personal/mgamez/files/2010/07/guia-version-germoplasma.pdf>

González, N. (2013). *Monografía Político-Administrativa del municipio de Amecameca*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México. Centro Universitario UAEM Texcoco.

Gutiérrez-Carranza, I. G., Domínguez-León, D. E. y Rodríguez-Mirón, G. M. (2023). Distribución de la luciérnaga de los volcanes *Photinus palaciosi* (Zaragoza-Caballero, 2012) (Coleoptera: Lampyridae). *Dugesiana*, 30(2), 65-70.

Guzmán Álvarez, J.R. y De Cock, R. (2023). “¿Has visto una luciérnaga?”, www.gusanosdeluz.com. Recuperado el 26 de noviembre, 2023 de: <https://www.gusanosdeluz.com/luciernagas/bioluminescencia/>

Haugan, E. B. (2019). *Homeplace of the heart': Fireflies, tourism and town-building in rural Japan*. Unpublished Master's thesis, University of Oslo. <https://www.duo.uio.no/handle/10852/70274>

Hernández, I. E. Z. y Ortuño, I. S. (2020). Biodiversidad de Michoacán: segundo estudio de estado. Gob.mx. Recuperado el 26 de septiembre, 2023 de: https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/region/eeb/files/32_MICH_Zermeno_EE2-Biodiversidad.pdf

Hess, W. N. (1920). Notes on the Biology of the some common Lampyridae. *Biological Bulletin*, 38(2), 39-76.

Hitt, N. P. y Frissell, C. A. (2004). A case study of surrogate species in aquatic conservation planning. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 14(6), 625-633.

Honorable Ayuntamiento de Tlahuapan. (2018). Plan de Desarrollo Municipal 2018-2021. Gob.mx. Recuperado el 20 de septiembre, 2023 de: <https://planeader.puebla.gob.mx/PDF/Municipales2020/Tlahuapan.pdf>

Hosaka, T., Kurimoto, M. y Numata, S. (2016). An overview of insect-related events in modern Japan: Their extent and characteristics. *American Entomologist*, 62, 228–234.

IGCEM. (2018). Agenda Estadística Básica del Estado de México 2018. Gob.mx. Recuperado el 26 de septiembre, 2023 de: http://igcem.edomex.gob.mx/sites/igcem.edomex.gob.mx/files/files/ArchivosPDF/Productos-Estadisticos/Indole-Economica/AGENDA-ESTADISTICABASICA/AG_EST_BAS_EDOMEX_2018.pdf

Ilyina, A. D., Cerda, F. R., Estrada, B. C., Dukhovich, A. F., Gaona, L. G. J., Garza, G. Y. y Rodríguez, M. J. (1998). Sistema Bioluminiscente Luciferina-Luciferasa de las Luciérnagas. Parte I: Propiedades Bioquímicas y Catalíticas de la Enzima Luciferasa. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 42(3), 99-108.

INAFED. (2016a). Tlalpujahua. Recuperado el 10 junio, 2021 de: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM16michoacan/municipios/16093a.html>

INAFED. (2016b). San Martín Texmelucan. Recuperado el 25 enero, 2021 de: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM21puebla/municipios/21132a.htm>

INEGI. (1997a). Querétaro, estado de Querétaro. Cuaderno estadístico municipal. ISBN 970-13-1886-2. México.

INEGI. (1997b). Cuaderno Estadístico Delegacional. Org.mx. Recuperado el 30 de septiembre, 2023 de: https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvini/egi/productos/historicos/1334/702825926922/702825926922_1.pdf

INEGI. (2004). Síntesis de Información geográfica del estado de Oaxaca. Org.mx. Recuperado el 28 de septiembre, 2023 de: https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvini/egi/productos/historicos/2104/702825224394/702825224394_2.pdf

INEGI. (2009). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Tlahuapan, Puebla.*

INEGI. (2010a). Compendio de información geográfica municipal 2010. Org.mx. Recuperado el 25 de septiembre, 2023 de: https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/21/21143.pdf

INEGI. (2010b). Compendio de información geográfica municipal 2010. Org.mx. Recuperado el 25 de septiembre, 2023 de: https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/21/21180.pdf

INEGI. (2010c). Compendio de información geográfica municipal 2010. Org.mx. Recuperado el 25 de septiembre, 2023 de: https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/15/15039.pdf

INEGI. (2010d). Compendio de información geográfica municipal 2010. Org.mx. Recuperado el 27 de septiembre, 2023 de: https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/22/22007.pdf

INEGI. (2016). Conociendo Tlaxcala. Recuperado el 15 de octubre, 2023 de: https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/estudios/conociendo/702825217846.pdf

INEGI. (2021a). Aspectos Geográficos Tlaxcala 2021. Org.mx. Recuperado el 15 de octubre, 2023 de:

https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/areasgeograficas/resumen/resumen_29.pdf

INEGI. (2021b). Aspectos Geográficos Michoacán 2021. Org.mx. Recuperado el 26 de septiembre, 2023 de: https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/areasgeograficas/resumen/resumen_16.pdf

INEGI. (2021c). Aspectos Geográficos Oaxaca 2021. Org.mx. Recuperado el 30 de septiembre, 2023 de: https://en.www.inegi.org.mx/contenidos/app/areasgeograficas/resumen/resumen_20.pdf

Islas, F. L. y Ayllón C. M. (2019) Inventario para la conservación de la fauna silvestre en Temascaltepec. *Universitaria*, 2(11), 28-29.

Jiménez Gómez, K. y Gómez Mendoza, L. (2022). Fenología vegetal y caracterización microclimática del área natural protegida Bosque de Tlalpan. Tesis de licenciatura. Facultad de Filosofía y Letras. Colegio de Geografía.

Jiménez, A. (2009). Las artesanías como atractivo turístico en Tlalpujahua, Michoacán. Tesis de licenciatura. Toluca.

Jones, M. C., Dye, S. R., Fernandes, Jose. A., Frölicher, T., Pinnegar, J. K., Warren, R. y Cheung, W. W. L. (2013). Predicting the Impact of Climate Change on Threatened Species in UK Waters. *PLoS ONE* 8(1): e54216.

Leal-Nares, Ó., Mendoza, M. E., Pérez-Salicrup, D., Geneletti, D., López-Granados, E., y Carranza, E. (2012). Distribución potencial del *Pinus martinezii*: un modelo espacial basado en conocimiento ecológico y análisis multicriterio. *Revista mexicana de biodiversidad*, 83(4), 1152-1170.

Lewis, O. T., New, T. R. y Stewart, A. J. (2007). Conservación de insectos: avances y perspectivas. Biología de la conservación de insectos. *La Real Sociedad Entomológica / CABI, Wallingford*, 431-436.

Lewis, S. M, C. H. Wong, A.C. Owens, C. Fallon, R S. Jepsen, A. Thancharen, T. López-Palafox, V. Khoo y J. M. Reed. (2020). A Global Perspective on firefly extinction. *Bioscience*. 70 (2): 157-167.

Lewis, S. M. (2016). *Silent sparks: The wondrous world of fireflies*. NJ: Princeton University Press.

Lewis, S. M. y Cratsley, C. K. (2008). Evolución de la señal de destello, elección de pareja y depredación en luciérnagas. *Annual Review of Entomology*, 53, 293-321.

Lewis, S. M., Thancharen, A., Wong, C. H., López-Palafox, T., Santos, P. V., Wu, C., Faust, L., De Cock, R., Avalon C. S., Harvey Lemelin, R., Gurung, H., F. A. Jusoh, F.A., Trujillo, D., Yiu, V., Jaramillo, P., Jaikla, S. y Reed, J. M. (2021). Firefly tourism: Advancing a global phenomenon toward a brighter future. *Conservation Science and Practice*, 3(5), 391.

Lloyd, J. E. (2008). Fireflies (Coleoptera: Lampyridae). In J. L. Capinera (Ed.), *Encyclopedia of entomology* (pp. 1429–1452). New York: Springer.

López, N. (2019). *Luciérnagas en la actualidad: una estrategia de comunicación para contribuir a su conservación*. Tesis de licenciatura. Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia. Morelia Michoacán.

Luna-Plascencia, R., Castañon-Barrientos, A. y Raz-Guzmán, A. (2011). La biodiversidad en México: su conservación y las colecciones biológicas. *Ciencias*, 101(101).

Machuca, J., Cantú, M., Zaragoza, A., Zaragoza, R., de León, S., Jiménez, J., Avelino, N. y Rodríguez, J. (2018). *Atlas de Riesgos del Municipio de Ixtapaluca, Estado de México*. Proyectomesoamerica.org. Recuperado el 26 de septiembre, 2023 de:
http://rmgir.proyectomesoamerica.org/PDFMunicipales/2018/15039_AR_Ixtapaluca_2018.pdf

Martin, G. J., Stanger-Hall, K. F., Branham, M. A., Da Silveira, L. F., Lower, S. E., Hall, D. W., Xue-Yan Li., Lemmon, A. R., Lemmon, E. M. y Bybee, S. M. (2019). Higher-level phylogeny and reclassification of Lampyridae (Coleoptera: Elateroidea). *Insect Systematics and Diversity*, 3(6), 11.

Martínez, Y. (2017). Tratado de las mariposas. Recuperado el 08 enero, 2021 de:
<http://tratadodelasmariaposas.blogspot.com/2017/11/donde-el-aligustre-se-come-el-agua-y-la.html>

McDermott, F. A. (1964). The taxonomy of the Lampyridae (Coleoptera). *Transactions of the American Entomological Society (1890-)*, 90(1), 1-72.

Mejía, I. E. (2019). Características de las luciérnagas: determinación de la intensidad de emisión luminosa. *Revista Ingeniería Biomédica*, 13(26).

Morán-Bravo, L., Osorio-Gómez, R., Flores-Aguilar, M. y de Sampedro-Poblano, H. (2021). Resultados del Programa Pueblos Mágicos en Tlatlauquitepec, Puebla: una visión de los actores sociales. *Revista GEON (Gestión, Organizaciones y Negocios)*, 8(2).

Nanacamilpa. (2021). Tu municipio. Recuperado el 05 junio, 2021 de: <https://www.nanacamilpa.gob.mx/tu-municipio/medio-fisico>.

Naturalista. (2023). Heroica Villa Tezoatlán de Segura y Luna Naturalista México. Recuperado el 28 de septiembre, 2023 de: <https://www.inaturalist.org/places/heroica-villa-tezoatlan-de-segura-y-luna#taxon=47120>

Noss, R. F. (1990). Indicadores para el seguimiento de la biodiversidad: un enfoque jerárquico. *Biología de la conservación*, 4 (4), 355-364.

Noss, R. F., Quigley, H. B., Hornocker, M. G., Merrill, T. y Paquet, P. C. (1996). Conservation biology and carnivore conservation in the Rocky Mountains. *Conservation Biology*, 10(4), 949-963.

Oba, Y., Branham, M. y Fukatsu, T. (2011). The terrestrial bioluminescent animals of Japan. *Zoological Science*, 28, 771–789.

Oberhauser, K. y Guiney, M. (2009). Insects as flagship conservation species. *Terrestrial Arthropod Reviews*, 1(2), 111-123.

Oberhauser, K. y Prysby, M. D. (2008). Ciencia ciudadana: creación de un ejército de investigación para la conservación. *Entomólogo estadounidense*, 54 (2), 103-104.

Ohba, N. (2004). Mystery of fireflies. *Yokosuka City Museum, Yokosuka (2004, in Japanese)*.

Owens, H. L., Bentley, A. C. y Peterson, A. T. (2012). Predicting suitable environments and potential occurrences for coelacanths (*Latimeria* spp.). *Biodiversity Conservation*, 21: 577–587.

Owens, A. C. y Lewis, S. M. (2018). The impact of artificial light at night on nocturnal insects: A review and synthesis. *Ecology and evolution*, 8(22), 11337-11358.

Ozaki, K., Isono, M., Kawahara, T., Iida, S., Kudo, T. y Fukuyama, K. (2006). A mechanistic approach to evaluation of umbrella species as conservation surrogates. *Conservation biology*, 20(5), 1507-1515.

Páez, X. M. (2016). *Monografía político-Administrativa del municipio de Ocoyoacac Estado de México, 2000-2012*. Tesina de licenciatura. Universidad Nacional del Estado de México.

Paniagua, C. (2016). *Revisión bibliográfica del estado de conservación del área natural protegida "Parque de la Sierra de Guadalupe"*, Tesis de licenciatura. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional.

Parrilla, R. (2019). Santuario Bosque Esmeralda, hábitat natural de las luciérnagas. Recuperado el 20 enero, 2021 de: <https://bosquesmeralda.com.mx/luciernagas.php>

Pérez, G. (2021). En Michoacán, más de 200 especies en peligro de extinción. Recuperado el 29 junio, 2021 de: <https://www.elsoldemorelia.com.mx/local/en-michoacan-mas-de-200-especies-en-peligro-de-extincion-6638797.html>

Pérez-Hernández, C. X., Zaragoza-Caballero, S. y Romo-Galicia, A. (2022). Updated checklist of the fireflies (Coleoptera: Lampyridae) of Mexico. *Zootaxa*, 5092, 291–317. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.5092.3.3>

Periódico Oficial. (2017). Municipio de Nanacamilpa de Mariano Arista. Plan Municipal de Desarrollo 2017-2021. Gob.mx. Recuperado el 18 de junio, 2023 de: <https://periodico.tlaxcala.gob.mx/indices/Peri37-1a2017.pdf>

Pikesley, S. K., Broderick, A. C., Cejudo, D., Coyne, M. S., Godfrey, M. H., Godley, B. J., López, P., LópezJurado, L. F., Merino, S. E, Varo-Cruz, N., Witt, M. J. y Hawkes, L. A. (2014). Modelling the niche for a marine vertebrate: a case study incorporating behavioural plasticity, proximate threats and climate change. *Ecography*, 38: 1–10.

Ramírez, F. (2015). Amealco-Flora Fauna Clima Precipitación Vientos. *dokumen.tips*. Recuperado el 27 de septiembre, 2023 de: <https://dokumen.tips/documents/amealco-flora-fauna-clima-precipitacion-vientos.html>

Ramírez-Albores, J. E., León-Paniagua, L. y Navarro-Sigüenza, A. G. (2014). Mamíferos silvestres del Parque Ecoturístico Piedra Canteada y alrededores, Tlaxcala, México; con notas sobre algunos registros notables para el área. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(1), 48-61.

Ray, J. (2005). Large carnivorous animals as tools for conserving biodiversity: Assumptions and uncertainties. En Ray J, Redford K, Steneck R, Berger J (Eds.) *Large Carnivores and the Conservation of Biodiversity*. Island Press. Washington, DC, EEUU. pp. 34-56.

Reed, J. M., Nguyen, A., Owens, A. C. S. y Lewis, S. M. (2020). Linking the seven forms of rarity to extinction threats and risk factors: An assessment of north American fireflies. *Biodiversity and Conservation*, 29, 57–75.

Reyes. C. M., Barreto D. V., Villar K. O., Ornelas, A. S. y Vázquez, M. M. (2022). Plan de Desarrollo Municipal 2022-2024 Tepetzotlán. Gob.mx. Recuperado el 20 de septiembre, 2023 de: https://copladem.edomex.gob.mx/sites/copladem.edomex.gob.mx/files/files/pdf/Planes%20y%20programas/Mpales-2022-2024/Tepetzotlan_PDM_2022_2024.pdf

Roberger, J. M. y Angelstam, P. E. R. (2004). Usefulness of the umbrella species concept as a conservation tool. *Conservation biology*, 18(1), 76-85.

Rojas-Zenteno, E. C., Orozco-Villa, M., Romero-Rangel, S. y Montoya-Ayala, R. (2016). Vegetación y flora del municipio de Temascaltepec, Estado de México, México. *Polibotánica*, (42), 43-89.

Romo, H., Camero, E., García-Barros, E., Munguira, M. L. y Martín-Cano, J. (2014). Recorded y posibles distribuciones en la península ibérica de especies de lepidópteros incluidas en los hábitats. *Revista Europea de Entomología*, 111 (3): 407-415.

Romo, H., García-Barros, E., Martín-Cano, J., Ylla, J. y López, M. L. (2012). *Graellsia isabellae*. En V. VAA, Bases ecológicas preliminares para la conservación de las especies de interés comunitario en España: Invertebrados: 53 págs . Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid

Rzedowski, J. (1978). Vegetación de México; Limusa: *Cd. De Mexico*.

Sánchez-Fernández, P. y de Arce-Crespo, J. I. (2017). Revisión de la distribución biogeográfica, alimentación, patrones ecológicos y estatus de conservación de *Graellsia isabellae* (Graells, 1849) en la provincia de Cuenca, España (Lepidoptera: Saturniidae). SHILAP. *Revista de Lepidopterología*, 45(180), 609-623.

Sanderson, E. W., Redford, K. H., Chetkiewicz, C. L. B., Medellin, R. A., Rabinowitz, A. R., Robinson, J. G. y Taber, A. B. (2002). Planning to save a species: the jaguar as a model. *Conservation Biology*, 16(1), 58-72.

Sarukhán, J., Koleff, P., Carabias, J., Soberón, J., Dirzo, R., Llorente-Bousquets, J., Halffter, J., González, G., March, R., Mohar, I., Anta, A. y De la Maza, J. (2009). *Capital natural de México, Síntesis: Conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad* (No. 333.951672 COM SIN. CIMMYT.).

Sarukhán, J., Carabias, J., Koleff, P. y Urquiza-Haas, T. (2012). Capital natural de México: Acciones estratégicas para su valoración, preservación y recuperación. *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*.

Secretaría de Cultura y Turismo. (2022). Recurso ecológico. Gob.mx. Recuperado el 25 de septiembre, 2023 de: https://experiencia.edomex.gob.mx/recursos_turisticos/mostrarDetalleRecursos/2042

Secretaría del Ayuntamiento de Ezequiel Montes (2020). Gaceta Municipal Ezequiel Montes, Qro. Gob.mx. Recuperado el 27 de septiembre, 2023 de: <https://www.ezequielmontes.gob.mx/gaceta/GACETA%209%20ENE-FEB%202020.pdf>

Secretaría del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020a). *Sierra de Guadalupe*. Gobierno CDMX. Recuperado el 08 de octubre, 2023 de: <https://gobierno.cdmx.gob.mx/noticias/sierra-de-guadalupe/>

Secretaría del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020b). *Sierra de Tepetzotlán*. Gobierno CDMX. Recuperado el 10 de octubre, 2023 de: https://sma.edomex.gob.mx/parque_estatal_sierra_de_tepetzotlan

SECTUR. (2019). La preservación del Santuario de las Luciérnagas contribuye a una mayor derrama económica en Tlaxcala. Recuperado el 18 julio, 2021 de: <https://www.gob.mx/sectur/prensa/la-preservacion-del-santuario-de-las-luciernagas-contribuye-a-una-mayor-derrama-economica-en-tlaxcala?idiom=es>

SEDEMA. (2018). Invita SEDEMA a conocer el Bosque de Tlalpan. Secretaría del Medio Ambiente. Recuperado el 27 de septiembre, 2023 de: <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/invita-sedema-conocer-el-bosque-de-tlalpan>

SEMARNAT y CONANP. (2018). *Plan de Acción para la Conservación de la Mariposa Monarca en México, 2018–2024*, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México.

SEMARNAT. (2005). *Ejido dotación y ampliación del rio frio de Juárez municipio de Ixtapaluca, Estado de México*. Gob.mx. Recuperado el 26 de septiembre, 2023 de: <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/mex/estudios/2005/15EM2005FD031.pdf>

SEMARNAT. (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestre Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio- Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Nación, segunda sección. 78 pp.

Silveira, L. F. L. y Vaz, S. (2022). Lampyridae in Catálogo Taxonomico da Fauna do Brasil. Recuperado el 17 octubre, 2023 de: <http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/124036>

Simberloff, D. (1998). Flagships, umbrellas, and keystones: is single-species management passé in the landscape era?. *Biological conservation*, 83(3), 247-257.

Sivinski, J. (1981). "The nature and possible functions of luminescence in Coleoptera larvae". *Coleoptera Bulletin*, 35: 167–179

Soberón, J. y Nakamura, M. (2009). Niches and distributional areas: Concepts, methods, and assumptions. *Proceedings of the National Academy of Sciences. Estados Unidos*, 106, 19644–19650.

SPSB. (2021). Ecoturismo. Recuperado el 29 junio, 2021 de: <https://www.biodiversidad.gob.mx/corredor/SPSB/ecoturismo.html>

Steneck, R. S. (2005). An ecological context for the role of large carnivores in conserving biodiversity. *Large carnivores and the conservation of biodiversity*, 9-33.

Thancharoen, A. y Masoh, S. (2019). Effect of camera illumination on flashing behavior of *Pteroptyx malacca* (Coleoptera: Lampyridae). In *Bioluminescence-Analytical Applications and Basic Biology*. IntechOpen.

The Nature Conservancy. (2008). The return of the Karner blue butterfly . Recuperado el 28 abril, 2021 de:

<http://www.nature.org/wherewework/northamerica/states/ohio/science/art20046.html>.

Thomson, J. R., Fleishman, E., Mac Nally, R. y Dobkin, D. S. (2005). Influence of the temporal resolution of data on the success of indicator species models of species richness across multiple taxonomic groups. *Biological Conservation*, 124(4), 503-518.

Torres-Mura, J. C., Castro, S., Oliva, D. y CONAMA. (2008). Conservación de la biodiversidad. *Biodiversidad de Chile: patrimonio y desafíos*, 2nd ed. CONAMA, Santiago, 413-431.

Ugarova, N. N. y Brovko, L. Y. (1981). Bioluminiscencia y análisis bioluminiscente. *Universidad Estatal de Moscú*.

Valiente, B.A., Casas, A., Alcántara, P., Dávila, N., Flores, M. del Corro, J.L., Villaseñor y R.J. Ortega. (2000). La vegetación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 67:24-74.

Vaz, S., Silveira, L. F. L. y Policena, R. S. (2020). Morphology and life cycle of a new species of *Psilocladus* Blanchard, 1846 (Coleoptera, Lampyridae, Psilocladinae), the first known bromeliad-inhabiting firefly. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 60, 1-15.

Yerena, E. (1994). *Corredores ecológicos en los Andes de Venezuela* (Vol. 4). Fundación Polar.

Zaragoza-Caballero, S. Z. (1996). Cantharoidea de México. I. Nuevas especies de Photinus (Coleoptera: Lampyridae: Photinini). *Anales del Instituto de Biología. Serie Zoología*, 67(1), 123-149.

Zaragoza-Caballero, S. (2012). *Macrolampis palaciosi* sp. nov. (Coleoptera: Lampyridae: Photininae), Tlaxcala, México. *Dugesiana*, 19(2): 117–121.

Zaragoza-Caballero, S., López-Pérez, S., Vega-Badillo, V., Domínguez-León, D. E., Rodríguez-Mirón, G. M., González-Ramírez, M. et al. (2020a). Luciérnagas del centro de México (Coleoptera: Lampyridae): descripción de 37 especies nuevas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 91, 36-41.

Zaragoza-Caballero, S., Cinfuentes-Ruíz, P., Domínguez-León, D., González-Ramírez, M., Gutierrez-Carranza, I., López-Pérez, S., Rodríguez-Mirón, G., Vega-Badillo, V. y Zurita-García, M. (2020b). Proyecto "Luciérnagas de México" *Boletín de la AMXSA*, 4(1): 20-22

Zaragoza-Caballero, S., Domínguez-León, D. E., González-Ramírez, M., Pérez, S. L., Mirón, G. M. R., Badillo, V. V. y Ruiz, P. C. (2021). Nuevas especies de luciérnagas (Coleoptera: Lampyridae) de México. *Dugesiana*, 28(2), 221-231.

Zaragoza-Caballero, S., López-Pérez, S., González-Ramírez, M., Rodríguez-Mirón, G. M., Vega-Badillo, V., Domínguez-León, D. E. y Cifuentes-Ruiz, P. (2023). Luciérnagas (Coleoptera: Lampyridae) del norte-occidente de México, con la descripción de 48 especies nuevas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 94, 2-78.

Zurita-García, M.L., Domínguez-León, D.E., Vega-Badillo, V., González-Ramírez, M., Gutiérrez-Carranza, I. G., Rodríguez-Mirón, G. M., López-Pérez, S., Cifuentes-Ruiz, P., Aquino-Romero, M. y Zaragoza-Caballero, S. (2022). Life cycle and description of the immature stages of a terrestrial firefly endemic to Mexico: *Photinus extensus* Gorham (Coleoptera, Lampyridae). *Zookeys*,1104: 29–54.

Apéndice 1.

Sitio de avistamiento	Estado	Municipio	Ecosistema	Especie de luciérnaga	Área Natural Protegida	Área Destinada Voluntariamente para la Conservación
1. Santuario de las Luciérnagas	Tlaxcala	Nanacamilpa	Bosque templado y matorral xerófilo	<i>Photinus palaciosi</i> y <i>Photinus chapingoensis</i>	No	Si
2. Canto del Bosque	Tlaxcala	Nanacamilpa	Bosque templado y matorral xerófilo	<i>Photinus palaciosi</i> y <i>Photinus chapingoensis</i>	No	Si
3. Piedra Canteada	Tlaxcala	Nanacamilpa	Bosque templado y matorral xerófilo	<i>Photinus palaciosi</i> y <i>Photinus chapingoensis</i>	No	Si
4. Santa Clara	Tlaxcala	Nanacamilpa	Bosque templado y matorral xerófilo	<i>Photinus palaciosi</i> y <i>Photinus chapingoensis</i>	No	Si
5. Laguna Azul	Tlaxcala	Nanacamilpa	Bosque templado y matorral xerófilo	<i>Photinus palaciosi</i> y <i>Photinus chapingoensis</i>	No	Si

6. Paraje el Madroño	Tlaxcala	Nanacamilpa	Bosque templado y matorral xerófilo	<i>Photinus palaciosi</i> y <i>Photinus chapingoensis</i>	No	Si
7. Granja Salma	Tlaxcala	Nanacamilpa	Bosque templado y matorral xerófilo	<i>Photinus palaciosi</i> y <i>Photinus chapingoensis</i>	No	Si
8. Villas del Bosque Santa Clara	Tlaxcala	Nanacamilpa	Bosque templado y matorral xerófilo	<i>Photinus palaciosi</i> y <i>Photinus chapingoensis</i>	No	Si
9. Santuario Xoletilandia	Tlaxcala	Nanacamilpa	Bosque templado y matorral xerófilo	<i>Photinus palaciosi</i> y <i>Photinus chapingoensis</i>	No	Si
10. La Palangana	Tlaxcala	Nanacamilpa	Bosque templado y matorral xerófilo	<i>Photinus palaciosi</i> y <i>Photinus chapingoensis</i>	No	Si
11. Rancho la Soledad	Tlaxcala	Nanacamilpa	Bosque templado y matorral xerófilo	<i>Photinus palaciosi</i> y <i>Photinus chapingoensis</i>	No	Si
12. Centro Ecoturístico Tecamac Calpulalpan	Tlaxcala	Nanacamilpa	Bosque templado y matorral xerófilo	<i>Photinus palaciosi</i> y <i>Photinus chapingoensis</i>	No	Si
13. Valle de las luciérnagas	Puebla	San Salvador el Verde	Bosque templado	Se desconoce la especie, probablemente sea <i>P. palaciosi</i>	No	No

14. Parque Ekocay-Hueyacatitla	Puebla	San Salvador el Verde	Bosque templado	Se desconoce la especie, probablemente sea <i>P. palaciosi</i>	No	No
15. Ex Hacienda de Chautla	Puebla	San Salvador el Verde	Bosque templado	Se desconoce la especie, probablemente sea <i>P. palaciosi</i>	No	No
16. Valle de Texmelucan	Puebla	Tlahuapan	Bosque templado	<i>Photinus palaciosi</i> y <i>Photinus producta</i>	No	No
17. Santuario de la Luciérnaga	Puebla	Tlahuapan	Bosque templado	<i>Photinus palaciosi</i> y <i>Photinus producta</i>	No*	No
18. Truchero Ejidal San Juan Cuauhtémoc	Puebla	Tlahuapan	Bosque templado	<i>Photinus palaciosi</i> y <i>Photinus producta</i>	No*	No
19. Lancheros la Soledad	Puebla	Tlatlauquitepec	Bosque mesófilo de montaña y bosque templado	Se desconoce la especie, probablemente sea <i>P. palaciosi</i>	No	No
20. Santuario Bosque Esmeralda	EDOMEX	Amecameca	Bosque templado	<i>Photinus palaciosi</i>	No	Si
21. Hacienda Panoaya	EDOMEX	Amecameca	Bosque templado	<i>Photinus palaciosi</i> <i>Photinus alexi</i> , <i>Photinus dugesi</i> , <i>Photinus extensus</i> ,	No	Si

				<i>Photuris lugubris</i> y <i>Pyropyga alticola</i>		
22. Parque Estatal Sierra de Guadalupe	EDOMEX	Coacalco de Berriozal	Bosque templado	<i>Photinus marquezii</i> , <i>Photinus morrainei</i> , <i>Photinus lucilae</i> y <i>Photinus palaciosi</i>	Parque Estatal Sierra de Guadalupe	No
23. Parque Ecoturístico Maatawi	EDOMEX	Temascaltepec	Bosque templado Bosque mesófilo de montaña, Bosque tropical caducifolio	<i>Photinus palaciosi</i> , <i>Photinus sp.</i> <i>Photinus sp.</i>	Z. P. F. T. C. C. de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec	No
24. Campamento Dēni	EDOMEX	Ocoyoacac	Bosque templado	<i>Photinus palaciosi</i>	No	No
25. Paseos turísticos Tepotzotlán	EDOMEX	Tepotzotlán	Bosque templado	Se desconoce la especie, probablemente sea <i>P. palaciosi</i>	Parque Estatal Sierra de Tepotzotlán	No
26. Parque Ecoturístico Avila Camacho	EDOMEX	Ixtapaluca	Bosque templado	<i>Photinus palaciosi</i>	No*	No
27. Avistamiento Luciérnagas El Ilanito	Michoacán	Tlalpujahua	Bosque templado	Se desconoce la especie	No*	No

28. El Ilanito "Los Ailes"	Michoacán	Tlalpujahu a	Bosque templado	Se desconoce la especie	No*	No
29. Janikua Luciernaga Tinskani	Michoacán	Tlalpujahu a	Bosque templado	Se desconoce la especie	No*	No
30. Amealco	Querétaro	Amealco	Bosque templado	Se desconoce la especie	No	No
31. Peña de Bernal	Querétaro	Ezequiel Montes	Bosque templado Matorral xerófilo	Se desconoce la especie	No	No
32. Llano del Fresno	Oaxaca	Huajuapán	Bosque templado	Se desconoce la especie	No	No
33. Bosque de Tlalpan	CDMX	Tlalpan	Bosque templado	<i>Photinus palaciosi</i> , <i>Photinus extensus</i> , <i>Photuris lugubris</i> y <i>Photinus corrusca</i>	Bosque de Tlalpan Colinda con Fuentes Brotantes de Tlalpan	No

Acotaciones: No* significa que no está dentro de una ANP pero si colinda con una.