

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO EL HOMBRE Y SU AMBIENTE
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL
POR ACTIVIDADES VINCULADAS CON LA PROFESIÓN

PARA OBTENER EL GRADO DE
LICENCIADA EN BIOLOGÍA

**Interacciones depredador-presa entre
luciérnagas: estimando el éxito de
escape y captura**

QUE PRESENTA LA ALUMNA

Jazmín del Rosario Coronado Marure

2183030508

ASESORES:

**Dr. Carlos Rafael Cordero Macedo,
Departamento de Ecología Evolutiva**



**M. C. Alfonso Esquivel Herrera
Departamento El Hombre y su Ambiente**



Ciudad de México, 01 de diciembre de 2023

INDICE

RESUMEN (actividades realizadas).....	1
PALABRAS CLAVE	1
MARCO INSTITUCIONAL.....	1
ANTECEDENTES Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	2
OBJETIVOS.....	2
FUNDAMENTO DE LAS ACTIVIDADES	2
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR	4
ACTIVIDADES REALIZADAS	4
CONCLUSION.....	6
REFERENCIAS	7

RESUMEN (actividades realizadas)

Para la realización de este proyecto la lectura de bibliografía relacionada con el tema fue fundamental para familiarizarme con los temas asociados a las luciérnagas antes de ir a campo y de escribir mi protocolo. Las capacitaciones que tuve me ayudaron a conocer las diferentes especies, su sexo y su aparato fotógeno, esto facilitó la identificación de las especies en las salidas de campo.

En las tres salidas a campo se puso en práctica la observación y el análisis de la conducta de las hembras *Photuris* y los machos *Photinus* en su hábitat natural, en su temporada de reproducción y en sus intentos de caza y cortejo.

Realizamos el análisis de campo revisando nuestras anotaciones en la libreta de campo y escuchando las grabaciones de voz narrando los comportamientos de las especies por cada uno de los integrantes del proyecto. Con los resultados obtenidos se realizó el análisis estadístico utilizando la correlación de Pearson y la prueba exacta de Fisher.

Como resultado final, se concluye que las hembras *Photuris* atraen a los machos *Photinus* respondiendo a sus señales intermitentes para luego capturarlos y alimentarse de ellos. Aunque atraen a varios machos su éxito de caza es muy bajo, lo que confirma la carrera evolutiva predispuesta entre depredador y presa; observando comportamientos de evasión por parte de la presa y el aumento en los encuentros y engaños por parte del depredador.

PALABRAS CLAVE

conducta; engaño; éxito de caza; femme fatale.

MARCO INSTITUCIONAL

El Instituto de Ecología UNAM donde se realizó el proyecto, tiene como misión impulsar el desarrollo de la ecología como una disciplina científica mediante la investigación de alta calidad, la divulgación del conocimiento científico sobre temas ecológicos, la promoción de la vinculación entre el conocimiento científico y la solución a problemas ambientales de México y del mundo. Dicha misión se acopla con la modalidad de servicio social de actividades relacionadas con la profesión, ya que se pudieron aplicar los conocimientos teórico-prácticos adquiridos en la Licenciatura en Biología mediante el apoyo en un proyecto con relevancia biológica, ecológica y ambiental.

Las interacciones antagónicas entre especies son de gran importancia en la biología, ya que afectan las tasas demográficas, la dinámica poblacional, la estructura de las comunidades y, por lo tanto, constituyen presiones selectivas que afectan la estructura genética y fenotípica de las especies. Particularmente interesantes desde el punto de vista evolutivo son aquellas interacciones que involucran el “engaño” por parte de los depredadores. Dentro de estas interacciones, aquellas que involucran señales de índole sexual resultan sumamente interesantes, ya que implican la acción conjunta de distintos tipos de presiones selectivas, selección natural derivada de la depredación y selección sexual derivada del uso de señales sexuales para atraer pareja y para engañar a las presas sobre características fenotípicas particulares. Un ejemplo fascinante de este tipo de interacción lo escenifican las luciérnagas

del género *Photinus* y sus luciérnagas depredadoras del género *Photuris*, bautizadas como “mujeres fatales” (femmes fatales) por James Lloyd, el investigador que documentó este comportamiento por primera vez en 1965.

Las hembras *Photuris* entran en modo de femme fatale después de copular (Nelson *et al.*, 1975) y al alimentarse de los machos *Photinus* adquieren nutrientes y esteroides defensivos llamados lucibufaginas que no son capaces de producir. Estos esteroides protegen a los adultos *Photuris* de arañas depredadoras y a sus huevos de insectos depredadores (Eisner *et al.*, 1997; González *et al.*, 1999). En conclusión, las femmes fatales siguen la secuencia de imitación-atracción-ingestión (Lloyd, 1984).

ANTECEDENTES Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Recientemente Maquitico *et al.* (2022) descubrieron que, en un bosque perteneciente al Ecoparque “Rancho del Valle” cerca del municipio de Amecameca, Estado de México, donde se realizan actividades ecoturísticas en torno al avistamiento de luciérnagas, se encuentran cohabitando la especie sincrónica *Photinus palaciosi* (Lampyridae) y actuando como sus depredadoras las luciérnagas de la especie *Photuris lugubris* (Lampyridae). En cuanto a características del sitio de estudio, se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas N 19° 9' 4.079", O 98° 45' 10.877"; con una vegetación compuesta principalmente por pino (*Pinus montezumae*, *P. pseudostrobus* y *P. teocote*), abeto (*Abies religiosa*) y roble (*Quercus crassipes*, *Q. laurina* y *Q. rugosa*). Por otra parte, la fauna que podemos encontrar son liebres (*Lepus californicus*), conejos (*Lepus floridanus*), coyotes (*Canis latrans*), serpiente de cascabel (*Crotalus* sp.), zarigüeyas (*Didelphis marsupialis*), entre otras. El clima de la región se caracteriza por ser templado, húmedo y subhúmedo con temperaturas medias anuales entre 12-22 °C (Lemelin *et al.*, 2021).

OBJETIVOS

Los **objetivos generales** de este proyecto son documentar cualitativa y cuantitativamente la interacción entre *Photuris* y *Photinus*, poniendo énfasis en el éxito de captura y el impacto que tiene sobre el éxito reproductivo de ambas especies, así como en las características de las señales bioluminiscentes involucradas en sus cortejos y en el engaño.

FUNDAMENTO DE LAS ACTIVIDADES

Este proyecto generará información útil para incorporar elementos de educación ambiental en los proyectos turísticos que se están llevando a cabo en torno a *P. palaciosi* en los estados de Tlaxcala, Puebla y el Estado de México. Además, el estudio sobre las luciérnagas es un tema ideal para introducir a las personas al mundo de la ciencia, la conservación biológica, los estudios de campo y la importancia de la observación y la comprensión de las conexiones en el mundo natural (Faust, 2004).

Es fundamental que se sigan llevando a cabo investigaciones en torno a las luciérnagas ya que tal y como lo menciona Lloyd (1984), la depredación por hembras *Photuris* es probablemente una de las más importantes presiones de selección que afectan el comportamiento de señalización de las luciérnagas en el hemisferio occidental.

Adicionalmente, el proyecto proveerá más información ecológica y conductual que será útil para el desarrollo de mejores planes de manejo basados en conocimiento científico; ya que este grupo de seres vivos presenta amenazas a nivel global, siendo la primera la pérdida de su hábitat debido a urbanización, industrialización y a la intensificación agrícola (De Cock, 2009). Otro punto particularmente problemático que va de la mano con la urbanización es la luz artificial en las noches, ya que se sabe que los taxones de luciérnagas dependen de señales bioluminiscentes para el cortejo; como ejemplo, Owens y Lewis (2018) realizaron estudios experimentales que demuestran que la luz artificial interfiere con la producción y recepción de las señales de cortejo de las luciérnagas.

La contaminación del suelo es un tema crucial para los huevos y etapa larvaria de las luciérnagas en vista de que éstas viven y se desarrollan ahí durante meses o años, siendo un claro ejemplo los géneros que se estudiarán en esta investigación (*Photinus* y *Photuris*) (Lewis *et al.*, 2020). Los pesticidas utilizados afectan indirectamente a las luciérnagas al reducir la disponibilidad o aumentar la toxicidad de sus presas larvales, que incluyen caracoles y lombrices de tierra (Sánchez *et al.*, 2011; Lewis, 2016).

Las luciérnagas son económicamente importantes en varios países, incluido México, porque representan una creciente atracción ecoturística atrayendo a más de 200,000 visitantes al año (Lewis 2016; Lemelin *et al.*, 2021); además de proporcionar oportunidades de trabajo a los locales. Sin embargo, si dicho turismo no se maneja de manera responsable puede amenazar a las poblaciones luciérnagas al perturbar los hábitats de las larvas y adultos e interferir con la reproducción de estos. Aunque muchas luciérnagas diferentes producen bioluminiscencia que resulta muy atractiva para el turista, géneros como *Photinus* corren más riesgo ya que producen impresionantes exhibiciones en las que cientos de machos parpadean rítmicamente al unísono (Lewis *et al.*, 2020; Lemelin *et al.*, 2021). Aunado a esto las linternas y los flashes de las cámaras utilizadas durante los recorridos pueden interferir con el comportamiento de cortejo de estas especies (Thancharoen y Masoh, 2019). El mal manejo del entomoturismo produce impactos negativos en la conservación y el estado de bienestar de las especies, cambios en el comportamiento de alimentación y reproducción, estrés y alteración del hábitat (Lemelin *et al.*, 2021).

Es por ello que el estudio de este grupo tiene una alta relevancia para la conservación, la ecología y el conocimiento científico; y tal como lo menciona la misión de la UAM-X, este proyecto ofrecerá un trabajo académico sólido y de excelencia con la finalidad de dar a conocer y fomentar las ciencias, desplegando las capacidades y habilidades intelectuales y de trabajo de sus egresados, así como del personal al mando de la investigación. Devolviendo a la sociedad lo que se adquirió a lo largo de la carrera y demostrando que la formación de profesionales también crea ciudadanos aptos y responsables en correspondencia con las necesidades de la sociedad. Los conocimientos y acciones que se desarrollarán en este servicio social corresponden a los contenidos de los módulos Biodiversidad y Recursos Naturales e Historias de Vida, del tronco profesional de la licenciatura en Biología de la UAM-Xochimilco.

ACTIVIDADES DESARROLLADAS

La prestadora de servicio social en sus primeras semanas preparó su protocolo de servicio social, consultando la bibliografía relacionada a su trabajo y al presente proyecto. También se capacitó en cuanto a la disección de luciérnagas y otras actividades que necesarias para la salida de campo. Asimismo, participó en un viaje a mediados de junio a Coatepec, Veracruz con la finalidad de apoyar en otros proyectos del instituto y crear experiencia para salidas posteriores. La salida de campo del proyecto en cuestión se llevó a cabo de finales de junio a principios de agosto de 2023 en Amecameca, Estado de México; con dos a tres salidas de una semana a 10 días, donde la prestadora de servicio apoyó en las observaciones durante todo el periodo de cortejo en campo. Se midieron las tasas de encuentro entre presas y depredadores, así como tasas de éxito de captura y escape. También se identificaron las posibles conductas de escape de las presas y de engaño de las femmes fatales.

El periodo nocturno de cortejo en campo dura 1.5 h (de 20:30 a 22:00 hrs aproximadamente), por lo que llegamos desde las 20:00 a buscar hembras de *Photuris lugubris*, la femme fatale. Una vez que encontramos una, un observador se quedó observándola continuamente durante todo el periodo de cortejo. Durante este periodo, se registró la frecuencia con la que emitía señales, las ocasiones en las que se aproximaron machos de su propia especie y machos de *Photinus palaciosi* (que son sus presas). Se registró la duración de cada interacción y su resultado (si la interacción es con un macho de su propia especie: si copula o no; si es con un macho de la especie presa: si lo captura o no y, en caso de que lo capture: si se lo come o se le escapa). Con ayuda de una luz roja tenue, utilizada esporádicamente, se realizaron observaciones de la conducta de las hembras y los machos con los que interactuó. Todas las observaciones fueron respaldadas con videos realizados con teléfono celular y grabaciones de voz en el mismo.

Posterior a cada salida a campo se llevaron algunas luciérnagas a la casa en la que estuvimos trabajando para realizar observaciones y tomar fotos. Normalmente al regresar discutimos entre todo el equipo para registrar la información y aspectos generales que cada uno había notado para así no perder nada. Para las últimas semanas se tomó toda la información de campo para trabajar con los videos en el software “Tilia”, en el que se suben los videos ya recortados con los destellos (interacciones) relevantes para el proyecto, ubicando el fotograma en el que se encuentran para con ello realizar los análisis estadísticos. Finalmente, participamos en la escritura del artículo.

ACTIVIDADES REALIZADAS

La lectura de bibliografía relacionada a las luciérnagas me permitió familiarizarme con toda la información ya que no tenía mucho conocimiento en el tema. Para mayor comprensión utilicé la doble lectura y realicé resúmenes sobre los temas relevantes para el protocolo, entre ellos el comportamiento, los periodos de reproducción, la importancia de estas especies en el turismo y las amenazas que las acechan.

Con la información obtenida redacté el protocolo con la estructura de la modalidad “actividades relacionadas a la profesión” proporcionada por la UAM-X. Volver a redactar un proyecto de este tipo me ayudó a poner nuevamente en práctica mi capacidad de síntesis y redacción de textos.

Considero que mi capacitación en cuanto a la diferenciación de las especies de luciérnagas y el sexo de estas fue muy completa, pero tuve apoyo de varios compañeros e investigadores del Laboratorio de Conducta de Artrópodos del Instituto de Ecología de la UNAM. En dichas sesiones tuve la oportunidad de revisar más bibliografía e imágenes sobre el aparato reproductor y el órgano fotógeno de estas especies. En cuanto al material utilizado puedo mencionar: equipo de disección, microscopio, alcohol del 96° y ejemplares de luciérnagas *P. palaciosi* y *P. lugubris*. Como parte de mi capacitación asistí a conferencias de las cuales puedo mencionar la plática informativa “Luciérnagas de la Sierra Nevada” en la cual al inicio dieron información general de las luciérnagas lo que me ayudó a repasar dicha información, aunque también proporcionaron datos sobre las luciérnagas en la Sierra Nevada lo que me permitió contrastar estos datos con los del sitio de estudio del proyecto.

Antes de asistir la práctica de campo en Amecameca, tuve la oportunidad de ir con algunos compañeros del Laboratorio a Coatepec, Veracruz. Esta salida de campo se estuvo postergando varias semanas para esperar la temporada de reproducción de las luciérnagas en el sitio de estudio, el cual era un área verde en la parte trasera de un hotel en la carretera rumbo a Xalapa. En dicha salida se realizó la recolección de algunas luciérnagas de las cuales en los siguientes días realizamos su identificación y nuevamente la diferenciación de su aparato reproductor en el INECOL. La información recabada brinda información relevante para la comunidad de los alrededores e incluso podría funcionarle al hotel por si en algún momento quiere enfocarse en el ecoturismo. El equipo utilizado en campo se resume en linterna, red, microscopio, equipo de disección y frascos para recolectar.

La primera salida de campo a Amecameca se realizó a finales de junio; el sitio de estudio fue “Rancho del Valle” en Santiago Cuauhtenco, Amecameca, Estado de México, el cual es una zona privada dedicada al ecoturismo. Para esta salida de campo tuvimos dos problemas operativos el primero fue similar a la salida de campo en Coatepec, ya que tuvimos que esperar algunas semanas para ir en la cúspide de su periodo de reproducción y que hubiera muchas luciérnagas. Además de eso, era temporada lluviosa y en las salidas a campo nuestros dispositivos móviles se mojaban y más de uno falló. Al ser el segundo sitio al que iba para observación y recolección de especies me sentía más preparada, pero en esta salida de campo aprendí a diferenciar por sus tamaños y destellos a las hembras y a los machos de *P. lugubris* y *P. palaciosi*.

La segunda salida a Amecameca fue a principios de julio, justamente una semana después del término de la anterior y el pico de reproducción de *Photuris* había bajado mucho para esa fecha. Por nochebitacora1 encontrábamos entre 1 a 4 hembras, cuando en la primera salida en una buena noche llegábamos a encontrar hasta 10 hembras *Photuris*. Para esta salida ya me sentía más preparada en la identificación de *P. palaciosi* y *P. lugubris*, pero se añadió una especie más como apoyo al proyecto de un compañero, *P. extensus*. Esta no fue difícil de identificar ya que su tamaño al ser superior al de las demás lo hacía más sencillo.

El material utilizado en ambas salidas de campo se resumía en libreta de campo, teléfono móvil con grabadora de voz, una red, linterna y frascos para la recolección de ejemplares. Como impactos comunitarios se puede resaltar que, al ser un sitio dedicado al ecoturismo, los datos obtenidos en este proyecto proporcionan información valiosa sobre la fauna presente en el lugar. También era temporada alta en cuanto al turismo del lugar por lo que había mucha gente haciendo recorridos y mis compañeros y yo tuvimos en más de una ocasión la oportunidad de compartir con los visitantes detalles sobre las especies.

En cuanto al análisis de campo nos apoyamos de las anotaciones en la libreta de campo y de las grabaciones de voz en el teléfono móvil. Posterior a cada salida regresábamos en la noche a observar los videos grabados y escuchar las notas de voz que narraban el comportamiento de las hembras; contábamos el número de machos con los que mantenía comunicación, los que se acercaban y a los que atacaban las hembras. Los datos obtenidos nos apoyaron para realizar el análisis estadístico mediante la correlación de Pearson y la prueba exacta de Fisher.

Para la correlación de Pearson se consideraron: los machos que pasaron a una distancia igual o menor a 3 m y los machos que se acercaron igual o menos a 5 cm de una hembra *Photuris*. Además de la comunicación entre un macho *Photinus* y una hembra *Photuris* a una distancia menor o igual a 5 cm.

Para la prueba exacta de Fisher se consideró la posible relación entre: los machos que se acercaron a una hembra *Photuris* a una distancia igual o menor a 5 cm y la probabilidad de un ataque exitoso. Y por separado el número de ataques por una hembra *Photuris* y nuevamente la probabilidad un ataque exitoso.

La escritura del informe final se basó en la estructura de la modalidad “actividades relacionadas con la profesión” proporcionada por la UAM-X. Considero que al apoyar en este proyecto aprendí mucho sobre luciérnagas, sus periodos de reproducción, las diferentes especies, ciclos de vida y sobre todo de su conducta, la cual ahora me parece asombrosa. De igual forma volví a practicar mi manejo del microscopio y envolverme en el mundo de los artrópodos me dio otra visión de la biología la cual no estaba considerando y que ahora incluso la contemplo para trabajos en el futuro.

Como parte final del proyecto tuvimos la oportunidad de presentar un cartel sobre el trabajo en el Curso Internacional de Bases Biológicas del Comportamiento que se llevó a cabo en modalidad presencial del 25 al 27 de octubre de 2023 en el Centro de Información Arte y Cultura en la Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, Morelia. Aunado a esto el trabajo se publicó como un artículo en la revista “Insects” con el título: “Deceptive Seduction by *Femme Fatale* Fireflies and Its Avoidance by Males of a Synchronous Firefly Species (Coleoptera: Lampyridae)”, en el cual estoy incluida como coautora.

CONCLUSION

El trabajo se basó en la medición de los machos *Photinus placiosi* que se acercaban a las hembras *Photuris lugubris*, así como el número de presas capturadas. Se observó que las hembras atraen varios machos de la especie presa pero sólo capturan al 9.8% de éstos. Consideramos que el bajo éxito de caza se debe al comportamiento de los machos, quienes al sentirse atraídos por las femme fatale actúan de forma “cautelosa” para prevenir ataques; mientras que las hembras tratan de mejorar su éxito de caza y captura ocultando parcialmente su linterna en el sustrato para evitar mostrar que son de mayor tamaño y para imitar mejor las respuestas de las hembras *Photinus*. Todo esto confirma que los depredadores y las presas se encuentran en una carrera evolutiva de adaptación y contraadaptación.

REFERENCIAS

- De Cock R. (2009). Biology and behaviour of European lampyrids. Meyer-Rochow VB, ed. *Bioluminescence in Focus: A Collection of Illuminating Essays. Research Signpost.* 161–200.
- Eisner, T., Goetz, M., Hill, D., Smedley, S., y Meinwald, J. (1997). Firefly “femmes fatales” acquire defensive steroids (lucibufagins) from their firefly prey. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 94(18), 9723-9728.
- Faust, L. F. (2004). Fireflies as a catalyst for science education. *Integrative and comparative biology*, 44(3), 264-265.
- González, A., Schroeder, F., Meinwald, J., y Eisner, T. (1999). N-methylquinolinium 2-carboxylate, a defensive betaine from *Photuris versicolor* fireflies. *Journal of natural products*, 62(2), 378-380.
- Lemelin, R., Jaramillo-López, P., López-Ocaña, N., & Del-Val, E. (2021). In the still of the night: Firefly tourism in Mexico. *Anatolia*, 32(1), 12-22.
- Lewis, S. M. (2016). *Silent Sparks: The Wondrous World of Fireflies*. Princeton University Press.
- Lewis, S. M., Wong, C. H., Owens, A. C., Fallon, C., Jepsen, S., Thancharoen, A., y Reed, J. M. (2020). A global perspective on firefly extinction threats. *BioScience*, 70(2), 157-167.
- Lloyd, J. E. (1965). Aggressive mimicry in *Photuris*: firefly femmes fatales. *Science*, 149(3684), 653-654.
- Lloyd, J. E. (1984). Occurrence of aggressive mimicry in fireflies. *Fla. Entomol.* 67, 368-376.
- Maquitico, Y., Vergara, A., Villanueva, I., Camacho, J., & Cordero, C. (2022). *Photuris lugubris* Female Fireflies Hunt Males of the Synchronous Firefly *Photinus palaciosi* (Coleoptera: Lampyridae). *Insects*, 13(10), 915.
- Nelson, S., Carlson, A., y Copeland, J. (1975). Mating-induced behavioural switch in female fireflies. *Nature*, 255(5510), 628-629.
- 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: 11337–11358.
- Sanchez, B. F. (2011). Pesticide impacts of agricultural pesticides on terrestrial ecosystems. *Ecological Impacts of Toxic Chemicals. Bentham Science.* 63–87.
- Thancharoen, A. y Masoh, S. (2019). Effect of Camera Illumination on Flashing Behavior of *Pteroptyx Malacca*. *TechOpen*.