



DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

**EFFECTO DE LA ILUMINACIÓN ARTIFICIAL SOBRE LA DENSIDAD
POBLACIONAL Y CONDICIÓN CORPORAL DEL GECKO EXÓTICO
Hemidactylus frenatus Y DEL GECKO ENDÉMICO *Phyllodactylus lanei* EN LA
ESTACIÓN DE BIOLOGÍA CHAMELA, JALISCO, MÉXICO**

TESIS

Que para obtener el grado de Maestra en Biología

PRESENTA

BIÓL. MARÍA MAGDALENA ROJAS GARCÍA

Codirector: M. en C. Matías Martínez Coronel

Codirector: Dr. Aurelio Ramírez Bautista

Asesora: Dra. Elisa Cabrera Guzmán

Iztapalapa, Ciudad de México, 11 de mayo de 2022

La Maestría en Biología de la
Universidad Autónoma Metropolitana
pertenece al Sistema Nacional de
Posgrados de CONACyT.

Declaración de originalidad

El (La) que suscribe **María Magdalena Rojas García**, alumno (a) del posgrado **Maestría en Biología**, de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud, de la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa y autor(a) de la tesis o idónea comunicación de resultados titulada: **“Efecto de la iluminación artificial sobre la densidad poblacional y condición corporal del gecko exótico *Hemidactylus frenatus* y del gecko endémico *Phyllodactylus lanei* en la Estación de Biología Chamela, Jalisco, México”**,

Declaro que:

1. La tesis o idónea comunicación de resultados que presento ante **el jurado** para lo obtención del grado de **Maestría en Biología** es de mi autoría y original creación, producto del resultado de mi trabajo de investigación personal e individual; el cual cuenta con las correspondientes citas textuales del material bibliográfico utilizado y con el debido otorgamiento de los créditos autorales.
2. En la tesis o idónea comunicación de resultados no he reproducido párrafos completos; ilustraciones, fotografías, diagramas, cuadros y tablas, sin otorgamiento del crédito autoral y fuente correspondiente.
3. En consecuencia, relevo de toda responsabilidad a la Universidad Autónoma Metropolitana de cualquier demanda o reclamación que llegara a formular alguna persona física o moral que se considere con derecho sobre la tesis o idónea comunicación de resultados, respondiendo por la autoría y originalidad de la misma, asumiendo todas las consecuencias económicas y jurídicas si ésta no fuese de mi creación.

La presente declaración de originalidad se firma en la Ciudad de México el 11 de mayo del 2022.

Atentamente



María Magdalena Rojas García

Este documento debe ser firmado con tinta azul y debe anexarse copia en la tesis o idónea comunicación de resultados (tesina, reporte, etc.), el documento original será conservado por el Coordinador del Posgrado.

El jurado designado por la
División de Ciencias Biológicas y de la Salud
de la Unidad Iztapalapa aprobó la tesis que presentó

BIÓL. MARÍA MAGDALENA ROJAS GARCÍA

El día 11 de mayo del año de 2022.

Comité tutorial y Jurado

Co-tutor interno: M. en C. Matías Martínez Coronel

Co-tutor externo: Dr. Aurelio Ramírez Bautista

Asesora: Dra. Elisa Cabrera Guzmán

Sinodal: Dr. Aaron García Rosales

Sinodal: Dr. Raciél Cruz Elizalde

Sinodal: Dr. Uriel Hernández Salinas

Dedicatoria

A mis padres, Irma García Peña y Jesús Manuel Rojas, quienes siempre me han brindado su apoyo incondicional.

A mis hermanos Luis, Irma, Carlos y Teresa quienes son una de mis fuentes de inspiración, así como mi motor.

A Sergio Leonardo Porto Ramírez, por convertirte en uno de los pilares de mi vida, por siempre apoyarme y escucharme.

A mis especies de estudio, sin las que claramente no habría logrado hacer este trabajo.

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa, por la oportunidad de formar parte de esta.

A Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada para la realización de mi maestría (CVU/Becario: 1013187).

Al M. en C. Matías Martínez Coronel, por recibirme con los brazos abiertos aquella primera vez que me aparecí en su cubículo. Por su amistad y apoyo a lo largo de todos los años que llevamos de conocernos. Le agradezco particularmente por el gran soporte académico y emocional que me ha dado en los momentos más difíciles de mi carrera, así como de mi vida personal. Gracias por ser una fuente de inspiración.

Al Dr. Aurelio Ramírez Bautista, por haber aceptado formar parte de mi comité a pesar de los contratiempos que se dieron al inicio de mi maestría. Por el gran interés que puso en mi trabajo y por todos sus comentarios y observaciones que ayudaron a enriquecer mi tesis. También le agradezco por la delicadeza con la que siempre me trato. Gracias por la oportunidad de conocerlo y gracias por contagiarme con la pasión que le tiene a la ciencia.

A la Dra. Elisa Cabrera Guzmán, por todo su apoyo brindado a lo largo del desarrollo de mi tesis, por todas sus ideas y preguntas que me ayudaron a ampliar mi perspectiva sobre mi proyecto. Te agradezco mucho por darme la oportunidad de ser

tu alumna, cosa que veía lejana durante aquella conferencia en la que te conocí por primera vez. Gracias por contagiarme tu pasión por la investigación cada vez que platicaba contigo.

Al personal administrativo y a los trabajadores de la Estación de Biología Chamela del Instituto de Biología de la UNAM, por permitirme la realización de mi trabajo de campo en sus instalaciones y por el trato tan amable que cada uno de ellos me brindo.

Al Dr. Francisco José Gutiérrez Mendieta, por todo el apoyo brindado a lo largo de mi maestría, por su trato tan amable y tolerante siempre que tuve alguna duda.

A mis compañeros de la maestría, con quienes viví muchos momentos gratos y divertidos y en quienes encontré un apoyo incondicional, gracias por su amistad.

A Teresa Rojas García, quien además de ser mi hermana es mi mejor amiga, por siempre escucharme atentamente cada vez que discutía contigo algún aspecto de mi tesis y por esas noches de desvelo en las que fuiste mi compañía.

A Sergio Leonardo Porto Ramírez, por su gran ayuda durante mis muestreos, por soportar las largas horas de trabajo nocturno, y claro, por soportar mi genio en campo. Por las innumerables platicas en las que me ayudaste cada vez sentía que había perdido el rumbo. Gracias por tu apoyo incondicional y por hacerme creer en mí.

Resumen

El gecko exótico *Hemidactylus frenatus* ha ocasionado el desplazamiento y disminución de especies de geckos nativas que utilizan ambientes antropizados, siendo factor clave para su éxito su capacidad para explotar recursos alimentarios en sitios con topografía poco escarpada o simple y con luces artificiales. En México, esta especie se registró por primera vez en 1985, sin embargo, no se ha realizado ningún estudio que evalué su impacto sobre las especies de geckos nativas del país, a pesar de que algunos autores sugieren que su presencia se relaciona con la disminución de otras especies. *H. frenatus* (especie exótica) coexiste con la especie endémica *Phyllodactylus lanei* (especie nativa) en la región de Chamela, Jalisco, y hasta la fecha no se conoce si existen efectos negativos de dicha especie exótica sobre la nativa, por lo que este trabajo de investigación explora dichos efectos. En el presente estudio se realizaron dos muestreos en la temporada de secas en las instalaciones de la Estación de Biología Chamela, Jalisco, con la intención de determinar el tamaño poblacional, la densidad poblacional en sitios (construcciones) con y sin luz artificial, la dieta y la condición corporal de los individuos en ambas especies de geckos, así como la disponibilidad de presas en el ambiente. Sí bien el tamaño poblacional del gecko *H. frenatus* fue mayor que el de *P. lanei*, sus densidades poblacionales fueron diferentes según la condición lumínica. La densidad poblacional de *H. frenatus* fue mayor en los sitios con luz artificial, mientras que la de *P. lanei* fue mayor en los sitios sin iluminación artificial. Estos resultados están

relacionados con la capacidad de *H. frenatus* para explotar recursos alimentarios en ambientes antropizados. En cuando a la dieta, esta fue similar en cada condición lumínica, sin embargo, con luz artificial ambas especies seleccionaron más lepidópteros, pero *H. frenatus* consumió presas de mayor volumen. Cabe destacar que la condición corporal de *P. lanei* no fue afectada por la presencia de *H. frenatus*. Esto debido a que *P. lanei* tiende a aprovechar otros tipos de presas presentes en lugares alejados de las fuentes de luz artificial cuando la disponibilidad de presas es escaza, lo que permite la coexistencia de estas especies. Por lo tanto, la presencia de *H. frenatus* en hábitats ocupados por *P. lanei* podría no llevar a la exclusión o extinción local de *P. lanei* en la región de Chamela, Jalisco.

Abstract

The exotic gecko *Hemidactylus frenatus* has caused the displacement and decrease of native gecko species that use anthropized environments, being a key success factor its ability to exploit food resources in sites with low or simple topography and with artificial lighting. In Mexico, this species was recorded for the first time in 1985; however, no study has been carried out to evaluate its impact on the country's native gecko species, even though some authors suggest that its presence is related to the decrease of other species. *H. frenatus* (exotic species) coexists with the endemic species *Phyllodactylus lanei* (native species) in the region of Chamela, Jalisco, and to date it is not known if there are negative effects of said exotic species on the native one, so this work research explores these effects. In the present study, two samplings were carried out in the dry season at the facilities of the Estación de Biología

Chamela, Jalisco, with the intention of determining the population size, the population density in sites (constructions) with and without artificial light, the diet and the body condition of individuals in both species of geckos, as well as the availability of prey in the environment. Although the population size of the *H. frenatus* gecko was larger than that of *P. lanei*, the population density differed depending on light conditions. The population density of *H. frenatus* was higher in sites with artificial lighting, while that of *P. lanei* was higher in sites without artificial lighting. These results are related to the ability of *H. frenatus* to exploit food resources in anthropized environments. Regarding diet, it was similar in each light condition, however, with artificial light both species selected more Lepidoptera, but *H. frenatus* consumed larger prey. It should be noted that the body condition of *P. lanei* was not affected by the presence of *H. frenatus*. This is because *P. lanei* tends to take advantage of other types of prey present in places far from artificial light sources when prey availability is scarce, which allows these species to coexist. Therefore, the presence of *H. frenatus* in habitats occupied by *P. lanei* might not lead to the exclusion or local extinction of *P. lanei* in the Chamela region, Jalisco.

ÍNDICE

1. Introducción.....	1
2. Marco teórico.....	4
2.1 Competencia.....	4
2.2 Nicho ecológico.....	4
2.3 Hipótesis ecológicas que explican el éxito de una especie invasora	5
2.3.1 Preadaptación a ambientes perturbados.	5
2.3.2 Superioridad inherente.....	6
2.4 Efecto de la presencia de luces artificiales	6
2.5 Teoría del forrajeo optimo	7
2.6 Condición corporal	8
3. Antecedentes	9
3.1 <i>Hemidactylus frenatus</i> en México	12
4. Justificación.....	13
5. Preguntas de investigación	14
6. Hipótesis.....	15
7. Objetivos	16
7.1 Objetivo general.....	16
7.2 Objetivos específicos	16
8. Métodos.....	16
8.1 Área de estudio	16
8.2 Colecta de datos	18
8.2.1 Caracterización de los sitios (construcciones).	18
8.2.2 Densidad poblacional.....	19
8.2.3 Tamaño poblacional.....	20
8.2.4 Determinación de la condición corporal.	21
8.2.5 Dieta.	21
8.2.6 Disponibilidad de presas.....	23
8.3 Análisis de datos	24

9. Resultados	26
9.1 Caracterización de los sitios (construcciones)	26
9.2 Densidad poblacional.....	27
9.3 Tamaño poblacional.....	30
9.4 Condición corporal	32
9.5 Disponibilidad de presas	35
9.6 Dieta.....	37
9.6.1 Previo a la estación de lluvias.....	38
9.6.2 Después de la estación de lluvias.....	42
10. Discusión.....	47
10.1 Tamaño poblacional.....	47
10.2 Densidad poblacional.....	51
10.2.1 Disponibilidad y tipos de presas.....	51
10.2.2 Relaciones interespecíficas	53
10.2.3 Condiciones preferidas por cada especie de gecko.....	54
10.3 Condición corporal	55
10.4 Disponibilidad de presas	56
10.5 Dieta.....	57
11. Conclusión.....	60
12. Literatura citada.....	61
ANEXO 1. Sistema de marcaje.	77

Índice de tablas y figuras

Figura 1. Mapa del área de estudio. Ubicación de los seis sitios (construcciones) con luz artificial y de los seis sitios sin luz artificial	17
Cuadro 1. Características de los sitios (construcciones) con y sin luz artificial estudiados de la Estación de Biología Chamela.....	26
Cuadro 2. Densidad poblacional de <i>Phyllodactylus lanei</i> y <i>Hemidactylus frenatus</i> en los sitios (construcciones) con y sin luz artificial de la Estación de Biología Chamela, antes y después de la estación de lluvias.....	29
Cuadro 3. Número de geckos adultos capturados, marcados y recapturados en los sitios con y sin luz artificial de la Estación de Biología Chamela, previo a la estación de lluvias.....	31
Cuadro 4. Número de geckos adultos capturados, marcados y recapturados en los sitios con y sin luz artificial de la Estación de Biología Chamela, después de la estación de lluvias.....	32
Cuadro 5. Condición corporal. Promedios de los Índices de residuales (\pm Error Estándar) para <i>Hemidactylus frenatus</i> y <i>Phyllodactylus lanei</i> en los sitios con luz y sin luz artificial de la Estación de Biología Chamela, antes y después de la estación de lluvias.....	35
Cuadro 6. Disponibilidad de presas en sitios con luz y sin luz artificial, en la Estación de Biología Chamela, previo a la estación de lluvias.....	36
Cuadro 7. Disponibilidad de presas en sitios con luz y sin luz artificial, en la Estación de Biología Chamela, después de la estación de lluvias.....	37
Cuadro 8. Composición de la de la dieta de <i>Hemidactylus frenatus</i> y <i>Phyllodactylus lanei</i> de la Estación de Biología Chamela, previo a la estación de lluvias.....	39
Figura 2. Abundancia de cada tipo de presa disponible en el ambiente y consumidas por <i>H. frenatus</i> y <i>P. lanei</i> , a partir del análisis del contenido estomacal, bajo la condición con luz, previo a la estación de lluvias.....	40
Figura 3. Abundancia de cada tipo de presa disponible en el ambiente y consumidas por <i>H. frenatus</i> y <i>P. lanei</i> , a partir del análisis del contenido estomacal, bajo la condición sin luz artificial, previo a la estación de lluvias.....	41
Cuadro 9. Composición de la de la dieta de <i>Hemidactylus frenatus</i> y <i>Phyllodactylus lanei</i> , en la Estación de Biología Chamela, después de la estación de lluvias.....	44
Figura 4. Abundancia de cada tipo de presa disponible en el ambiente y consumidas por <i>H. frenatus</i> y <i>P. lanei</i> , a partir del análisis del contenido estomacal, bajo la condición con luz, después de la estación de lluvias.....	45
Figura 5. Abundancia de cada tipo de presa disponible en el ambiente y consumidas por <i>H. frenatus</i> y <i>P. lanei</i> , a partir del análisis del contenido estomacal, bajo la condición sin luz artificial, previo a la estación de lluvias.....	46
Figura 6. Sistema de marcaje, vista ventral.....	77

Efecto de la iluminación artificial sobre la densidad poblacional y condición corporal del gecko exótico *Hemidactylus frenatus* y del gecko endémico *Phyllodactylus lanei* en la Estación de Biología Chamela, Jalisco, México

1. Introducción

La creciente globalización, principalmente adjudicada al comercio internacional y al turismo, ha facilitado el desplazamiento de algunas especies animales a sitios que difícilmente hubieran colonizado debido a las barreras geográficas (Shine *et al.*, 2000; Mooney y Cleland, 2001; Aguirre-Muñoz *et al.*, 2009), contribuyendo a la mezcla de la biota en el mundo (Olden, 2008). Cuando estas especies exóticas tienen un efecto negativo sobre la vida silvestre local (especies nativas) o sobre poblaciones humanas (de forma directa o indirecta), se les considera especies invasoras (Kraus, 2009). Dichas especies pueden competir por recursos, como espacio y alimento con las especies nativas e incluso excluirlas (exclusión competitiva), lo que se refleja en la pérdida de la biodiversidad (Clavero y García-Berthou, 2005).

El proceso de invasión está conformado por tres etapas: 1) transporte y liberación de organismos a una nueva área geográfica, por introducción intencional o no intencional; 2) asentamiento -cuando la especie introducida se establece como resultado de la interacción de factores bióticos y abióticos que permiten su éxito-, y 3) expansión de la población original -propagación de la especie introducida-, que da como resultado un espectro de dominio ecológico que puede ir de una sola población a varias poblaciones distribuidas en una amplia área geográfica (Kraus, 2009).

Las especies invasoras, pueden afectar a los taxa nativos modificando su densidad poblacional, desplazándolos, o bien provocando su extinción local, como consecuencia de competencia y depredación (Case y Bolger, 1991). El gecko casero *Hemidactylus frenatus* Duméril y Bibron 1836, es una de las especies de lagartijas con mayor área colonizada fuera de su distribución original -Asia y la región Indo-Pacífica- (Case *et al.*, 1994; Bansal y Karanth, 2010), que ha sido favorecida por el deterioro ambiental (e.g. urbanización) e intercambio comercial.

Debido a su amplia tolerancia fisiológica (Hoskin, 2011), se ha predicho el incremento del rango de distribución de esta especie a otras áreas geográficas tropicales y subtropicales del mundo (Hoskin, 2011; Rödder *et al.*, 2008). Individuos de esta especie de gecko se encuentran comúnmente en habitaciones humanas, forrajeando cerca de luces artificiales, ya que en éstas se acumula una gran diversidad de insectos que representan su alimento (Yang *et al.*, 2012).

La presencia de *H. frenatus* en simpatria con otros geckos, ha ocasionado el desplazamiento y la disminución de las poblaciones de especies nativas (Case *et al.*, 1994; Petren y Case, 1996; Cole *et al.*, 2005). Su éxito al invadir ambientes urbanos se ha relacionado con mecanismos conductuales y ecológicos, por ejemplo, comportamientos agresivos para obtener los mejores refugios y sitios de forrajeo (Bolger y Case, 1992; Cole *et al.*, 2005), depredación de organismos juveniles (Frogner, 1967), introducción de nuevos parásitos que afectan la supervivencia de las especies nativas (Hanley *et al.*, 1995), efectos sobre la fecundidad de otros geckos (posiblemente debido a exudados y/o heces; Brown *et al.*, 2000), y su

habilidad para explotar eficientemente diferentes recursos alimenticios (Petren *et al.*, 1993), siendo esta última la estrategia más importante (Petren y Case, 1996).

Se ha observado que la conducta de forrajeo mostrada por *H. frenatus*, se ve favorecida por el efecto antrópico, ya que ha tenido éxito para establecerse en las zonas urbanizadas de los nuevos sitios a los que ha llegado (Newbery y Jones, 2007). En estos ambientes las presas potenciales se acumulan alrededor de las fuentes de iluminación artificial y existe una mayor simplicidad topográfica en los sitios donde forrajea (paredes de construcciones), ambas características resultan ventajosas para *H. frenatus* (Petren y Case, 1998).

En México, no se han evaluado los efectos de *H. frenatus* sobre las especies de lagartijas nativas, sin embargo, se infiere que puede estar afectando las poblaciones de *Phyllodactylus tuberculatus* (Valdez-Villavicencio y Peralta-García, 2008) y *Phyllodactylus lupitae* (Ramírez-Reyes *et al.*, 2015) en las islas Isabel y El Coral, Nayarit, respectivamente.

Tanto *Phyllodactylus lanei* Smith 1935 -una especie de gecko endémica de México- como *H. frenatus* -especie exótica-, tienen hábitos nocturnos, suelen coexistir en construcciones humanas (Casas-Andreu, 1982; García y Ceballos, 1994; Ramírez-Bautista, 1994) y exhiben dietas similares, ya que ambos consumen tipos de presas (insectos) semejantes (García y Ceballos, 1994). En este sentido, es probable que, al utilizar hábitat y recursos alimenticios similares en las regiones donde cohabitan, particularmente en la región de Chamela, Jalisco (Ramírez-Bautista, 1994; observaciones personales), estas especies estén compitiendo.

2. Marco teórico

2.1 Competencia

La competencia es un tipo de interacción entre los organismos, que ocurre cuando los individuos utilizan el mismo recurso que es limitado, por lo tanto, la aptitud y densidad poblacional de una o de ambas especies puede resultar afectada (Pianka, 2011; Krebs, 2014).

Existen dos tipos de competencia: la competencia por interferencia, que se da cuando hay encuentros directos entre los individuos al tratar de explotar determinado recurso; y la competencia por explotación, que ocurre cuando el recurso es explotado antes por una especie, por lo que la otra se ve afectada al tener menor disponibilidad de dicho recurso (Krebs, 2014).

La competencia intraespecífica ocurre entre miembros de la misma especie, mientras que la competencia interespecífica se da entre individuos de dos o más especies diferentes (Krebs, 2014). La competencia interespecífica puede originarse cuando individuos de dos especies explotan los mismos recursos (por ejemplo, espacio y alimento), y tienen horarios de actividad similares, lo que puede generar la exclusión de una especie por la otra (Pianka, 1973).

2.2 Nicho ecológico

El nicho ecológico representa los hábitos, alimentos y modo de vida de una especie, por lo tanto, cuando dos especies son similares (en su morfología y/o ecología), además de similitudes en su distribución geográfica, tienden a ocupar nichos

parecidos, generándose así competencia. Tal competencia puede ocasionar la exclusión de una de las especies o el desplazamiento del nicho ecológico de una o ambas, llevando al uso diferencial de los recursos (Gause, 1934). La diferenciación en el nicho ecológico permite la coexistencia entre especies, pero puede resultar en un aumento en la competencia intraespecífica. Tal diferenciación en el nicho ecológico puede darse a partir de la repartición de recursos, del tiempo o del espacio (Amarasekare, 2003).

2.3 Hipótesis ecológicas que explican el éxito de una especie invasora

El grado de expansión de las especies exóticas invasoras, depende de múltiples factores bióticos y abióticos; por lo que se han propuesto varias hipótesis ecológicas y evolutivas que tratan de explicar el éxito de la invasión de las especies introducidas (Hufbauer y Torchin, 2007). Las principales hipótesis ecológicas son las siguientes: preadaptación a los ambientes perturbados (Sax y Brown, 2000), superioridad inherente (Sax y Brown, 2000), nuevas “herramientas” (Callaway y Ridenour, 2004; Vivanco *et al.*, 2004), nicho vacío (Roché *et al.*, 1994; Hierro *et al.*, 2005), facilitación por mutualismo (Simberloff y Von Holle, 1999; Reinhart y Callaway, 2004), resistencia biótica (Levine *et al.*, 2004), y ausencia de enemigos (Torchin y Mitchell, 2004; Clark *et al.*, 1997). Las primeras dos hipótesis ecológicas parecen útiles para explicar cómo *H. frenatus* ha logrado desplazar a otras especies de geckos y se explican a continuación:

2.3.1 Preadaptación a ambientes perturbados: Esta hipótesis sostiene que las especies invasoras tienen mayor éxito en ambientes perturbados (Kraus, 2009), ya

que muchos de estos organismos suelen estar habituados a ambientes modificados por actividades humanas (especies comensales de los humanos como *Rattus rattus*; Banks y Smith, 2015), en contraste con las especies nativas (Sax y Brown, 2000). En el caso del género *Hemidactylus* se ha reportado que especies como *H. frenatus*, *H. garnotii*, *H. mabouia* y *H. turcicus* se ven favorecidas por las condiciones de los ambientes urbanizados, debido a que aprovechan la acumulación de presas en torno a fuentes de luz artificial, ubicadas en construcciones (Meshaka *et al.*, 1994; Meshaka, 2000; Newbery *et al.*, 2005; Newbery y Jones, 2007; Meshaka, 2011).

2.3.2 Superioridad inherente: Esta hipótesis ecológica menciona que las especies invasoras tienen capacidades superiores a las especies nativas, por ejemplo, son mejores competidores (Sax y Brown, 2000). La hormiga argentina (*Linepithema humile*), desplazó a especies de hormigas nativas de los bosques ribereños del norte de California mediante competencia por interferencia y competencia por explotación (Holway, 1999). Otro caso en la misma región es el del caracol *Batillaria attramentaria* que desplazó al caracol de barro *Cerithidea californica*, nativo de California, mediante explotación competitiva (Byers, 2000). En cuanto a *H. frenatus*, se ha observado que al ser mejor competidor por recursos alimenticios que el gecko *Lepidodactylus lugubris*, ha desplazado a esta especie nativa de ambientes antropizados en islas del Pacífico (Petren y Case, 1996).

2.4 Efecto de la presencia de luces artificiales

La contaminación lumínica ecológica, se define como la “luz artificial que altera los patrones naturales de luz y oscuridad en los ecosistemas” (Longcore y Rich, 2004).

Este tipo de contaminación genera cambios en la orientación de los organismos y puede producir repulsión o atracción (Rich y Longcore, 2006). Los insectos son ejemplo de animales atraídos por la luz artificial. Tal atracción representa un riesgo para su supervivencia, ya que frecuentemente quedan atrapados por la fuente de luz, lo que a su vez genera un riesgo secundario que es la depredación (Eisenbeis y Hänel, 2009). Sin embargo, esta disponibilidad de recursos (nicho de luz nocturna) brinda un beneficio para especies insectívoras nocturnas, como los geckos (Perry y Fisher, 2006). Case *et al.* (1994), hicieron una comparación de las densidades poblacionales de varias especies de geckos a lo largo del Pacífico, y encontraron altas densidades de geckos en las construcciones con luz artificial, en contraste con las construcciones sin ésta.

2.5 Teoría del forrajeo óptimo

La teoría del forrajeo óptimo hace referencia a la búsqueda y obtención del alimento, adquiriendo el máximo beneficio (Krebs, 2014). En otras palabras, los animales deben equilibrar costos y beneficios (tiempo de forrajeo-ganancia neta calórica) cuando buscan su alimento, de tal manera que las presas consumidas se procesen de forma eficiente y se obtenga un alto contenido calórico (Vanhooydonck *et al.*, 2007). Esta teoría también dice que el recurso alimenticio (presas) no está distribuido equitativamente en un espacio continuo, sino que existen parches en los que las presas potenciales son más abundantes en comparación con el resto del entorno. De esta forma el depredador decide qué parches aprovechar y en qué momento debe dirigirse hacia otro (Stephen y Krebs, 1986; Pike, 2019). Idealmente el depredador

debe tomar en cuenta que conforme más tiempo permanezca en un parche, el beneficio tiende a reducirse (Krebs *et al.*, 1974).

2.6 Condición corporal

La condición corporal, se refiere al estado energético de los animales. Se entiende que aquellos individuos que presentan una buena condición poseen más reservas energéticas que aquéllos con menor condición corporal (Schulte-Hostedde *et al.*, 2005), lo que puede influir en la adecuación de los organismos (Peig y Green, 2009).

Para estimar la condición corporal de animales se han desarrollado métodos indirectos, que utilizan medidas de la morfología externa de los organismos; empleando dos enfoques basados en: a) construcción de variables de proporción, por ejemplo, masa corporal entre longitud corporal y, b) generación de variables residuales, por ejemplo, los residuales de la regresión de la masa por la longitud corporal (Hayes y Shonkwiler, 2001).

Uno de los métodos más utilizados y aceptados para calcular la condición corporal, es el índice de residuales (Jakob *et al.*, 1996; Ardía, 2005; Bancila *et al.*, 2010; Dudek *et al.*, 2015). Este índice consiste en realizar una regresión de la masa corporal sobre la talla corporal, para posteriormente utilizar las distancias residuales de cada punto como estimadores de la condición corporal (Jakob *et al.*, 1996), en el que los individuos con valores residuales positivos muestran una mejor condición corporal que aquellos con residuales negativos. Los valores positivos representan un exceso de masa en relación con el tamaño (Jakob *et al.*, 1996; Ardía, 2005).

3. Antecedentes

A nivel mundial *Hemidactylus* es el género con mayor rango de distribución dentro del grupo de las lagartijas (Carranza y Arnold, 2006). Como se mencionó previamente, algunas de sus especies se ven favorecidas por ambientes urbanizados, por lo que se suelen encontrar en construcciones de todo tipo, principalmente en ambientes cálidos. Esto ha ocasionado el desplazamiento de geckos nativos que previamente utilizaban dichos hábitats, como el caso de *Hemidactylus mabouia* que desplazó a *Phyllodactylus martini* (gecko endémico de islas al sur del Caribe) de construcciones en Curazao (Van Buurt, 2006; Van Buurt, 2010; Hughes *et al.*, 2015).

Hemidactylus frenatus es originario de Asia y de la región Indo-Pacífica (Case *et al.*, 1994); sin embargo, actualmente es considerada una especie circumtropical (que se sitúan entre los trópicos) y comensal de los humanos (Sabath, 1981; Tonione *et al.*, 2011). Esta especie de gecko es de tamaño mediano con longitud hocico-cloaca (LHC), que va de 55 a 75 mm (Ramírez-Bautista, 1994), la coloración de su dorso va de un tono claro, blanco-cremoso, a un tono oscuro, gris o marrón, con ligeras manchas o líneas de color marrón oscuro y con tonalidades rosas en las extremidades, tiene tubérculos en la cola (cuando no ha sido regenerada), más una doble hilera de laminillas subdigitales que llegan a la base de la cuarta falange (García y Ceballos, 1994; Abarca, 2006; Cogger, 2014). Es de hábitos nocturnos y se reproduce durante todo el año (Galina-Tessaró *et al.*, 1999; Newbery y Jones, 2007; Tkaczenko *et al.*, 2014; Día-Pérez *et al.*, 2017). Dado que cazan principalmente

cerca de luces artificiales su dieta está constituida en su mayoría por insectos voladores (Case *et al.*, 1994).

Por otro lado, *Phyllodactylus lanei* es una especie de gecko endémica de México, se distribuye en la costa del Pacífico, desde Nayarit hasta Michoacán (Ramírez-Bautista, 1994). Los individuos de esta especie son de tamaño mediano (LHC 53-85 mm), tiene una coloración dorsal marrón claro con tonalidades rosas y manchas claras y oscuras, cola con bandas oscuras de color marrón y presencia de un par de laminillas terminales, dos veces más largas que anchas y aplanadas en la punta de las falanges (Dixon, 1961; García y Ceballos, 1994; Buñuelos-Alamillo *et al.*, 2017; Ramírez-Reyes, 2017). Son de hábitos nocturnos, arborícolas, insectívoros (García y Ceballos, 1994), y también se reproducen durante todo el año (Ramírez-Sandoval *et al.*, 2006). Habitan en selva baja caducifolia, selva mediana subperennifolia y matorral xerófilo, son encontradas sobre el suelo, árboles, arbustos, y son abundantes en las casas (Casas-Andreu, 1982). El modo de reproducción de ambas especies es sexual y ovíparo (Ramírez-Bautista *et al.*, 2006; Ramírez-Sandoval *et al.*, 2006).

Hemidactylus frenatus ha desplazado geckos nativos que comparten el mismo nicho, en construcciones humanas en otras partes del mundo (Powell, 2003; Hoskin, 2011). La mayoría de los estudios que han evaluado el efecto de la competencia ejercida por *H. frenatus* se han realizado con la especie de gecko *Lepidodactylus lugubris*, nativo de algunas islas del Pacífico (Case *et al.*, 1994). Petren *et al.* (1993) evaluaron mediante experimentos en encierros en Oahu, Hawái, la importancia de la

concentración de insectos alrededor de luces artificiales (con diferentes combinaciones de ambos geckos con y sin luz artificial), como el mecanismo que genera la exclusión de *L. lugubris*. Los autores encontraron que el efecto negativo de la competencia de *H. frenatus* sobre *L. lugubris* solo ocurre en presencia de luz artificial, viéndose afectada negativamente la condición corporal del gecko nativo. Más tarde, Petren y Case (1998) evaluaron las interacciones competitivas entre *H. frenatus* y *L. lugubris* en Oahu, Hawái, con experimentos en los que se combinó la distribución de insectos (agrupados y no agrupados), el sustrato (simple y complejo), y el tipo de competidor (intraespecífico o interespecífico: *L. lugubris*). Los resultados arrojaron que el incremento de la complejidad topográfica (sustrato) y la dispersión de las presas, provocó la reducción de la capacidad de *H. frenatus* para explotar los recursos alimenticios del ambiente; por lo que, hubo una disminución en la competencia interespecífica.

En Australia se realizó un estudio que evaluó la densidad y distribución de *H. frenatus*, así como de dos especies de geckos nativos (*Gehyra dubia* y *Nebulifera robusta*) en un gradiente de áreas urbanas a naturales. Los resultados mostraron que, a mayor grado de urbanización, los niveles de iluminación artificial aumentan y, que el número de individuos de *H. frenatus* crece conforme aumenta la intensidad luminosa. Los geckos nativos tuvieron mayor densidad en los sitios más naturales, misma que decreció en los sitios con mayores niveles de luz artificial (Newbery y Jones, 2007).

También se ha documentado que *H. frenatus* ha invadido ambientes no antropogénicos en las islas Mascareñas, Mauricio y Francia, ocasionando el declive de las poblaciones de geckos nativos, como ha sido el caso de las especies del género *Nactus*: *N. coindemirensis*, *N. durrelli* y *N. serpensinsula* (Cole *et al.*, 2005).

3.1 *Hemidactylus frenatus* en México

En México, *H. frenatus* se registró por primera vez en 1895 en Acapulco, Guerrero (Farr, 2011) y actualmente su distribución ocupa 24 estados de la República Mexicana (Aguascalientes, Baja California Sur, Campeche, Chiapas, Colima, Estado de México, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán y Zacatecas; Valdez-Villavicencio y Peralta-García, 2008, Medina-Aguilar *et al.*, 2011; Bañuelos-Almillo *et al.*, 2016; Carbajal-Márquez y Quintero-Díaz, 2016). A pesar de su amplia distribución en el país no se han realizado estudios para evaluar sus efectos sobre las poblaciones de geckos nativos (Galina-Tessaro *et al.*, 1999). Los únicos trabajos realizados sobre esta especie exótica han sido descripciones de aspectos generales de su ecología (Casas-Andreu, 1982), reproducción (Ramírez-Bautista *et al.*, 2006), dieta (Galina-Tessaro, 1999) y distribución (Farr, 2011). Si bien la presencia de este gecko podría estar afectando a las especies de lagartijas nativas en los estados a los que ha sido introducido, solo se ha reportado su posible efecto negativo en la región de Nayarit. Ya que se ha sugerido que su presencia puede estar relacionada con la disminución de las poblaciones del gecko *Phyllodactylus tuberculatus* en la isla Isabel, Nayarit,

debido a que, durante dos muestreos realizados en 2007, no se encontró ningún individuo de *P. tuberculosus* a diferencia de *H. frenatus* que mostró altas densidades en sus poblaciones (Valdez-Villavicencio y Peralta-García, 2008). Ramírez-Reyes *et al.* (2015), sugieren que este mismo patrón puede estar ocurriendo con la especie *Phyllodactylus lupitae* en la isla El Coral, Nayarit, ya que durante un muestreo en 1986 en una sola noche se capturaron 30 ejemplares de esta especie (Castro-Franco y Gaviño, 1990), mientras que, en el año 2013, durante seis noches de búsqueda, solo se encontraron siete ejemplares, además se reportó la presencia de *H. frenatus* en toda la isla (Ramírez-Reyes, *et al.*, 2015). *H. frenatus* también podría estar involucrado en el desplazamiento de otro gecko casero previamente introducido en Tamaulipas, México, *Hemidactylus turcicus*, del que se tenía altos registros poblacionales en 1970, pero ahora es poco observado (Farr *et al.*, 2009).

Considerando que *H. frenatus* se muestra dominante sobre los geckos nativos y obtiene los mejores sitios de forrajeo (más cercanos a las fuentes de luz artificial), el objetivo del presente estudio es analizar el efecto de la densidad poblacional de *H. frenatus* sobre la densidad poblacional y condición corporal de *P. lanei* en sitios (construcciones) con y sin iluminación artificial.

4. Justificación

Se ha reportado que *H. frenatus* es capaz de desplazar a especies de geckos nativas que utilizan ambientes antropizados, como lo son construcciones (Hoskin, 2011). Esto debido, principalmente, a su habilidad para cazar en sitios con simplicidad topográfica y con aglomeración de insectos (presas) (Petren *et al.*, 1993; Petren y

Case, 1998), resultando en el deterioro de la condición corporal de la especie de gecko con la que coexiste (Petren *et al.*, 1993). Esta especie de gecko tiende a utilizar en mayor medida construcciones humanas, siendo la presencia de luminarias un factor determinante para favorecer su densidad poblacional (Newbery y Jones, 2007). En México, a pesar de *H. frenatus* que se encuentra en la mayoría de los estados de la República Mexicana, nada se sabe sobre su efecto sobre las especies de lagartijas nativas, sin embargo, se ha sugerido que su presencia está relacionada con la disminución de dos especies nativas de geckos de Islas de Nayarit, además también se sugiere que su presencia en Tamaulipas podría estar relacionada con el decremento de otra especie introducida del mismo género, *H. turcicus*. A pesar de esto, no se ha realizado ningún estudio que corrobore lo antes mencionado. Bajo este escenario, es importante evaluar los efectos de *H. frenatus* sobre *P. lanei*, especie endémica de México, que coexiste con *H. frenatus* en la región de Chamela, Jalisco.

5. Preguntas de investigación

El presente proyecto aborda las siguientes preguntas de investigación:

¿Cuáles son los tamaños poblacionales de *P. lanei* y *H. frenatus* en el bosque tropical caducifolio de la Estación de Biología Chamela?

¿Cuáles son las densidades poblacionales de *P. lanei* y *H. frenatus* en las construcciones con iluminación artificial y sin iluminación artificial en la Estación de Biología Chamela?

¿Tiene la presencia del gecko exótico *H. frenatus* efectos sobre la densidad poblacional del gecko endémico *P. lanei* en los sitios con y sin iluminación artificial en la Estación de Biología Chamela?

¿*H. frenatus* y *P. lanei* explotan los mismos recursos alimenticios en los sitios con y sin iluminación artificial? En caso de que sus dietas se superpongan ¿La condición corporal, masa y talla de *P. lanei* se ven afectadas por la presencia de *H. frenatus* en los sitios con y sin iluminación artificial en la Estación de Biología Chamela?

6. Hipótesis

Teniendo en cuenta la habilidad de *H. frenatus* para explotar recursos alimentarios en ambientes antropizados, que puede favorecer el tamaño de sus poblaciones (Newbery *et al.*, 2005) y puede afectar la abundancia de poblaciones de otros geckos (Newbery y Jones, 2007), se espera que la densidad poblacional de *H. frenatus* sea mayor en los sitios con iluminación artificial en comparación con la densidad poblacional de *P. lanei*. Asimismo, por compartir el mismo hábitat y ser principalmente insectívoras, se espera que la dieta de ambas especies sea similar en el área de la Estación de Biología Chamela, ya que ambas especies se encuentran dentro del bosque tropical caducifolio.

Considerando que en otras regiones se sabe que *H. frenatus* presenta comportamiento dominante sobre otros geckos y tiende a ocupar los mejores sitios de forrajeo cercanos a luces artificiales (Petren *et al.*, 1993; Case *et al.*, 1994), se espera que la condición corporal de *P. lanei* (masa y talla) se vea afectada negativamente en los sitios donde *H. frenatus* tenga mayor densidad poblacional.

7. Objetivos

7.1 Objetivo general

Evaluar el efecto del gecko casero exótico *Hemidactylus frenatus* sobre la población del gecko casero endémico *Phyllodactylus lanei* en sitios (construcciones) con y sin iluminación artificial en la Estación de Biología Chamela.

7.2 Objetivos específicos

1. Determinar el tamaño poblacional de *H. frenatus* y de *P. lanei* en la Estación de Biología Chamela.
2. Determinar la densidad poblacional de *H. frenatus* y de *P. lanei* en sitios con y sin iluminación artificial en la Estación de Biología Chamela.
3. Determinar la dieta de *H. frenatus* y *P. lanei* en sitios con y sin iluminación artificial en la Estación de Biología Chamela.
4. Determinar la condición corporal, masa y talla, de *P. lanei* en sitios con y sin iluminación artificial en la Estación de Biología Chamela.

8. Métodos

8.1 Área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la Estación de Biología Chamela (EBCh) del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México. La EBCh forma parte de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala (RBCC), se encuentra en la costa del Pacífico mexicano en el estado de Jalisco, en

la zona intertropical del hemisferio norte (19°30' N y 105°03' O) y tiene un rango de elevación de 10 a 584 m (Fig. 1). La estación está ubicada en el km 59 de la carretera Barra de Navidad-Puerto Vallarta y consta de 3319 hectáreas (Noguera *et al.*, 2002).

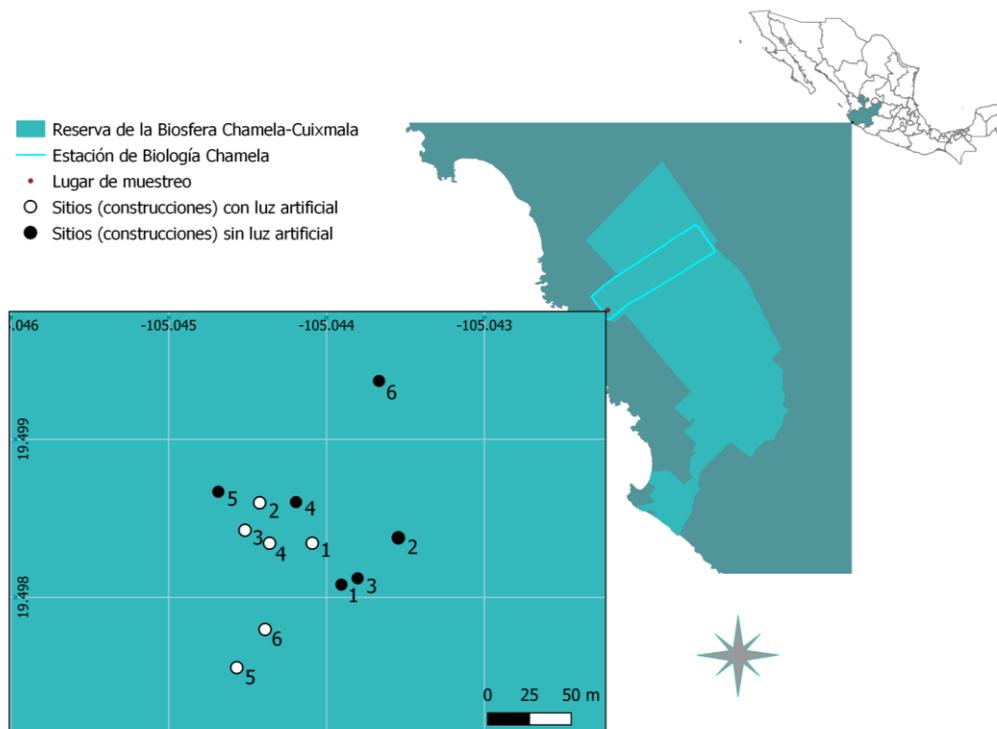


Figura 1. Mapa del área de estudio. Ubicación de los seis sitios (construcciones) con luz artificial y de los seis sitios sin luz artificial.

La temperatura media anual es de 24.6 °C con una temperatura mínima anual de 19.5 °C, y una precipitación media anual de 748 mm, con fuertes vientos en la temporada de secas (Noguera *et al.*, 2002). La época de ciclones comienza en junio y concluye en noviembre (la mayoría de los ciclones se presentan en septiembre y octubre). La temporada de lluvias ocurre de julio a octubre y la temporada de secas de noviembre a junio (Noguera *et al.*, 2002). La vegetación dominante es bosque

tropical caducifolio y en los alrededores del área de la RBCC, se encuentran tierras de uso agrícola y áreas urbanas (Berriozabal-Islas *et al.*, 2017). En la región de Chamela se han reportado 19 especies de anfibios y 65 especies de reptiles (Ramírez-Bautista, 1994).

8.2 Colecta de datos

8.2.1 Caracterización de los sitios (construcciones)

Se eligieron 12 sitios dentro de la Estación de Biología Chamela: 1) seis sitios (construcciones) con iluminación artificial y 2) seis sitios (construcciones) sin iluminación artificial (Fig. 1). Se tomaron las siguientes características de cada uno de los sitios: área, número de ventanas, número de focos, luxes promedio, tipo y color de pared y actividad humana (nocturna). Para obtener el valor de los luxes promedio se midió la cantidad de luz en cada pared utilizando un luxómetro portátil (Hanna Instruments, modelo HI97500); un lux es una medida que nos indica la cantidad de iluminación que incide sobre una superficie y se expresa en lúmenes por metro cuadrado (Lévy, 1992). Para el tipo de pared se consideró el acabado de estas, lisas (aplanadas) o ladrillo (sin aplanar). Finalmente, para determinar el grado de actividad humana se consideró el número de personas observadas durante el tiempo en el que se llevaron a cabo los conteos visuales (alrededor de 15 minutos por sitio), a partir de esto se establecieron tres categorías de actividad: baja (de cero a tres personas), media (de cuatro a nueve) y alta (más de 10). Dos personas participaron durante la colecta de datos.

Se calculó el área de las paredes de cada construcción con un telemetro laser (Ridgid, micro LM-100).

Se realizaron dos muestreos en la temporada de secas, sin embargo, para el segundo muestreo ya había iniciado la temporada de huracanes en el Pacífico por lo que hubo días lluviosos a lo largo del mes de junio. Para fines prácticos, a lo largo del presente trabajo se denominó al primer muestreo previo a la estación de lluvias (del 3 al 12 de diciembre del 2019) y al segundo, después de la estación lluvias (20 de junio al 3 de julio del 2021). Para cada muestreo se calculó de forma separada lo siguiente:

8.2.2 Densidad poblacional

La densidad poblacional se determinó a partir de muestreos visuales de las superficies externas de cada construcción (paredes, ventanas, puertas, marquesinas, etc.), utilizando binoculares (Bushnell 132514, 8x) y lámpara de mano. Los conteos se realizaron durante la noche, de las 19:00 a las 23:00 horas, que corresponde al horario de mayor actividad de ambas especies, por un periodo no mayor a 15 minutos en cada construcción (Newbery *et al.*, 2005). Se corroboró la identidad de cada gecko a partir de las características morfológicas propias de cada especie (Newbery *et al.*, 2007).

Para obtener la densidad poblacional de cada construcción, se dividió el número total de geckos por especie entre el área de cada construcción. Finalmente, la densidad poblacional de cada especie se calculó considerando el promedio de las densidades

poblacionales de cada construcción. Esto se realizó para cada condición (con luz y sin luz artificial).

8.2.3 Tamaño poblacional

Se capturan manualmente geckos adultos (*H. frenatus*: LHC de hembras >42.7 mm y machos >35.7 mm [Díaz-Pérez *et al.*, 2017]; *P. lanei*: hembras >49 mm y machos >52 mm [Ramírez-Sandoval *et al.*, 2006]) en cada sitio (con y sin luz). Se registró el sexo, masa corporal con balanza digital Remo Modelo EHA601 (precisión 0.001 g), longitud hocico-cloaca (LHC), longitud total de la cola (LC), longitud y ancho del hocico, longitud y ancho de cabeza, longitud de la tibia y longitud de la ulna. Todas las medidas fueron tomadas con un calibrador vernier digital Stainless Hardened (0.01 mm de precisión) y expresadas en milímetros.

Una vez medidos los ejemplares, se marcaron con una combinación única de cicatrices (en forma de punto) en la parte ventral de las extremidades (ver Anexo 1: Argaez-Márquez, 2015), empleando un cauterizador veterinario Weller BP650MP de 4.5 voltios (Ehmann, 2000). Finalmente, los individuos fueron liberados en el mismo sitio de captura.

Se determinó el tamaño poblacional de *H. frenatus* y *P. lanei* mediante el método de marcaje-recaptura de Schumacher-Eschmeyer (Krebs, 1999). Este método analiza datos de una serie de muestreos donde los individuos capturados son marcados, liberados y recapturados. Se muestreó cada construcción, durante ocho noches consecutivas. El tamaño de la población se calculó como:

$\bar{N} = \sum_{t=1}^s (C_t M_t^2) / \sum_{t=1}^s (R_t M_t)$, donde C_t es el número total de individuos capturados en el tiempo t , R_t es el número de individuos ya marcados que son capturados en el tiempo t , M_t es el número de individuos marcados presentes en la población antes de tiempo t , y S es el número total de muestreos (días).

8.2.4 Determinación de la condición corporal

La condición corporal se determinó para cada especie de gecko con la masa y longitud corporal de los individuos. Se empleó el Índice de residuales de Gould (1975). Para el cálculo de este índice se usaron los residuales de la regresión (de mínimos cuadrados ordinarios) de la masa corporal contra la longitud corporal (LHC), previamente transformados a logaritmos naturales para cumplir los supuestos de regresión (Jakob *et al.*, 1996; Ardia, 2005; Schulte-Hostedde *et al.*, 2005). En este método, las distancias residuales de cada punto a la línea de regresión sirven como un estimador de la condición corporal (Jakob *et al.*, 1996). Asimismo, se registró la presencia y ubicación de heridas, y se documentaron conductas agresivas entre miembros de las dos especies.

8.2.5 Dieta

Para la determinación de la dieta, en cada muestreo, se capturaron ocho geckos adultos (hembras y machos) por especie, previo al marcaje de los individuos (marcados para calcular el tamaño poblacional). La colecta de los ejemplares se llevó a cabo bajo el permiso de colecta científica Oficio Número SGPA/DGVS/9378/19, emitido por la SEMARNAT a nombre de María Magdalena Rojas García. Se puso

especial cuidado en la hora de captura, de tal forma que se les permitió a los animales haber forrajeado antes de ser capturados (Bonfiglio *et al.*, 2006), por lo que los individuos fueron capturados de 9:00 a 10:00 p. m., mediante un muestreo aleatorio de los sitios.

Los geckos fueron sacrificados mediante una inyección de pentobarbital de sodio (0.02 ml por gramo), vía intracardiaca, un método de eutanasia aceptado por la comunidad científica (Warren, 2014). Posteriormente se fijaron con una solución de formol comercial al 10% por 24 horas, pasado ese tiempo se lavaron con agua corriente y se colocaron en una solución de alcohol étílico al 70%. Los ejemplares colectados fueron depositados en la Colección de Anfibios y Reptiles EBCH.

En el laboratorio se removieron los estómagos de los ejemplares, se extrajeron los contenidos estomacales de cada uno y se almacenaron en tubos Eppendorf con etanol a 70%; además, el sexo de cada individuo fue confirmado (mediante las gónadas). La determinación taxonómica de las presas a nivel de orden se realizó con ayuda de un microscopio estereoscópico (VE-S4 - Velab). Se registró el número de presas a nivel de orden (siguiendo las descripciones de Borror y DeLong (2005) y Guillot (2005). Cuando la determinación no fue posible, los restos fueron colocados en una categoría denominada "ítems no identificados". Posteriormente, se registró el número de presas y se calculó la frecuencia y el volumen de cada categoría de estas. La frecuencia se obtuvo como el cociente del número de estómagos que presentaron al menos un individuo de determinada categoría de presa y la cantidad de estómagos de geckos analizados. Únicamente se excluyó un individuo de *H.*

frenatus del primer muestreo (condición sin luz artificial) debido a que presentó el estómago vacío. Para estimar el volumen (mm³) de las presas, se midió largo y ancho de cada presa (sin considerar las extremidades) con un vernier digital Stainless Hardened (0.01 mm de precisión), y se utilizó la fórmula un de esferoides

de prolato: $V = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{\text{largo}}{2} \right) \left(\frac{\text{ancho}}{2} \right)^2$ (Dunham, 1983). Debido a que algunas de las presas estaban parcialmente digeridas, encontrando únicamente cabezas y extremidades (en su mayoría de lepidópteros), se utilizaron como referencia los invertebrados capturados en las trampas pegajosas para obtener las medidas correspondientes.

8.2.6 Disponibilidad de presas

Durante los muestreos se determinó la abundancia de artrópodos en las construcciones de la EBCh, mediante trampas adhesivas de plástico duro color blanco (600 cm² de superficie) (Cooper *et al.*, 1990; Marquet *et al.*, 1990; Hódar *et al.*, 2006; Tkaczenko *et al.*, 2014). Se colocaron 10 trampas adhesivas en los sitios con luz artificial y 10 en los sitios sin luz artificial (entre las 18:00 p. m. y las 6:00 a. m.). Las trampas adhesivas colocadas en las construcciones con luz artificial se pusieron en la fuente de luz, mientras que, en las construcciones sin luz artificial, las trampas se pusieron a una altura de dos metros (promedio de altura a la que se encuentran las luminarias de las otras construcciones). Las trampas permanecieron colocadas durante el tiempo en el que se realizan los muestreos. Los artrópodos

capturados se depositaron en frascos con etanol al 70% para su posterior determinación taxonómica a nivel de orden (Guillot, 2005).

8.3 Análisis de datos

Con los datos obtenidos de densidad poblacional, se realizaron cuatro comparaciones según la especie y la condición de luminosidad, para cada muestreo:

i) *P. lanei*_{con luz} vs. *H. frenatus*_{con luz}, ii) *P. lanei*_{sin luz} vs. *H. frenatus*_{sin luz}, iii) *P. lanei*_{con luz} vs. *P. lanei*_{sin luz} y iv) *H. frenatus*_{con luz} vs. *H. frenatus*_{sin luz}. Además, se compararon las densidades poblacionales de cada especie, según la condición de luminosidad, entre cada muestreo.

Para determinar las diferencias en la condición corporal de los individuos, en sitios con y sin luz y entre cada muestreo, se realizaron pruebas de t de student y U de Mann-Whitney (Zar, 2010).

Se aplicó una prueba de bondad de ajuste de X^2 para evaluar las diferencias en la dieta de: 1) cada especie según la condición, 2) entre ambas especies en la misma condición, y 3) cada especie y la disponibilidad de presas. Los análisis antes realizados se llevaron a cabo en el software NCSS 2019.

Posteriormente se estimó el Índice de Importancia Relativa (IIR) desarrollado por Pinkas *et al.* (1971) para cada categoría de presa, este índice se calcula mediante el producto de la suma de los valores porcentuales numéricos y volumétricos por la frecuencia del valor porcentual de la ocurrencia: $(N + V)F = IRI$, donde N es el

porcentaje numérico, V es el porcentaje volumétrico y F es la frecuencia del porcentaje de ocurrencia.

También se calculó la amplitud de nicho trófico de ambas especies de geckos en las dos diferentes condiciones de luz artificial, para ambos muestreos, mediante el índice estandarizado de Levins (Hurlbert, 1978): $\widehat{B}_A = (1/\sum p_i^2) - 1/n - 1$, donde p_i es la

proporción de individuos en cada categoría de presa con respecto al total de presas halladas en cada especie y n es el número de cada categoría de presas encontradas en la dieta de cada especie (Krebs, 1999). El grado de sobreposición de nicho trófico entre las dos especies de geckos y en cada condición (con luz y sin luz artificial), se calculó mediante el índice de sobreposición de Pianka (1973), descrito en Krebs

(1999): $\hat{o}_{jk} = \sum_i^n \hat{p}_{ij} \hat{p}_{ik} / \sqrt{\sum_i^n \hat{p}_{ij}^2 \sum_i^n \hat{p}_{ik}^2}$, donde p_{ij} es la proporción del recurso i

utilizada por la especie j , p_{ik} es la proporción de recursos i usados por la especie k , y n es el número total de tipo de recursos.

Finalmente, se utilizó el índice de Shannon-Wiener para calcular la diversidad de presas en los sitios con y sin luz artificial (Krebs, 1999). Posteriormente se calculó la t de Hutchenson para determinar las diferencias entre los valores del índice de Shannon-Wiener según la condición. Este análisis se realizó en el software EstimateS versión 9.1.0.

9. Resultados

9.1 Caracterización de los sitios (construcciones)

El área promedio de los sitios con luz artificial fue mayor ($216.70 \pm 62.03 \text{ m}^2$) que en los sitios sin luz artificial ($94.14 \pm 18.14 \text{ m}^2$; U de Mann-Whitney, $U = 1.92$ y $P = 0.03$), al igual que el número promedio de ventanas (17.33 y 4.33, respectivamente; Cuadro 1). El número promedio de focos para los edificios con luz fue de 34. El promedio de luxes fue 0.04 en las construcciones con iluminación y 0.001 en las construcciones sin iluminación. La textura lisa dominó en las paredes en las dos condiciones y los colores más frecuentes fueron blanco, café y azul. Se detectó mayor actividad humana nocturna en los sitios con luz artificial.

Cuadro 1. Características de los sitios (construcciones) con y sin luz artificial estudiados de la Estación de Biología Chamela.

Sitio	Área (m ²)	No. Ventanas	Número Focos	Luxes	Tipo de pared	Actividad humana	Color de pared
Con luz artificial							
1	164.40	11	52	0.02	100% lisa.	Baja	Naranja, blanco y azul.
2	351.57	38	68	0.01	100% lisa.	Baja	Blanco, amarillo y café.
3	98.90	11	16	0.05	50% lisa y 50% ladrillo.	Media	Blanco, café y verde.
4	87.63	3	4	0.01	100% lisa.	Baja	Amarillo y blanco.
5	139.97	16	8	0.02	50% lisa y 50% ladrillo.	Media	Verde, blanco y café.

6	457.74	25	56	0.11	50% lisa y 50% ladrillo.	Alta	Naranja, café, blanco y azul.
Sin luz artificial							
1	64.39	4	0	0	100% lisa.	Baja	Blanco.
2	56.70	3	0	0	100% lisa.	Baja	Blanco.
3	63.37	3	0	0	100% lisa.	Baja	Blanco, rojo. Blanco, azul claro y café.
4	152.03	11	0	0.004	100% lisa.	Baja	Blanco, café y azul.
5	149.41	3	0	0	80% lisa y 20% ladrillo.	Baja	Rosa
6	78.91	2	0	0	100% lisa.	Baja	

9.2 Densidad poblacional

Se encontraron resultados similares en ambos muestreos, antes y después de la estación de lluvias. La densidad poblacional de *H. frenatus*, en ambos muestreos, fue mayor en los sitios con iluminación artificial (previo a la estación de lluvias: 0.12 ± 0.01 y después de la estación de lluvias: 0.07 ± 0.02) que en los sitios oscuros (previo a la estación de lluvias: 0.2 ± 0.01 ; U de Mann-Whitney, $U = 2.89$, $P < 0.01$ y después de la estación de lluvias: 0.01 ± 0.002 ; $U = 2.88$, $P < 0.01$), mientras que lo contrario ocurrió con *P. lanei*, que tuvo mayor densidad poblacional en los sitios sin iluminación artificial (previo a la estación de lluvias: 0.06 ± 0.01 y después de la estación de lluvias: 0.06 ± 0.02) que en los sitios con iluminación (previo a la estación

de lluvias: 0.03 ± 0.01 ; t de student, $t = -2.91$, g.l. = 10, $P = 0.01$ y después de la estación de lluvias: 0.01 ± 0.004 ; $t = -2.97$, g.l. = 10, $P = 0.01$) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Densidad poblacional de *Phyllodactylus lanei* y *Hemidactylus frenatus* en los sitios (construcciones) con y sin luz artificial de la Estación de Biología Chamela, antes y después de la estación de lluvias.

Edificio	<i>Phyllodactylus lanei</i>	<i>Hemidactylus frenatus</i>	Área	<i>P. lanei</i> / m ²	<i>H. frenatus</i> / m ²	<i>P. lanei</i>	<i>H. frenatus</i>	<i>P. lanei</i> / m ²	<i>H. frenatus</i> / m ²
Con luz									
<i>Previo a la estación de lluvias</i>					<i>Después de la estación de lluvias</i>				
1	9.50	14.50	164.40	0.06	0.09	5	5.63	0.03	0.03
2	1.88	31	351.57	0.01	0.09	0.88	16.75	0.002	0.05
3	2.25	10.50	98.90	0.02	0.11	2.25	11.38	0.02	0.12
4	0.25	15.25	87.63	0.003	0.17	0.50	15	0.01	0.17
5	6.63	22	139.97	0.05	0.16	2.63	5.50	0.02	0.04
6	6.88	54.75	457.74	0.02	0.12	4.38	14.13	0.01	0.03
			Total	0.03	0.12		Total	0.01	0.07
Sin luz									
<i>Previo a la estación de lluvias</i>					<i>Después de la estación de lluvias</i>				
1	3.13	0.25	64.39	0.05	0.004	2.25	0.25	0.03	0.004
2	5.13	0.63	56.70	0.09	0.01	7.75	0.63	0.14	0.01
3	6.25	0.63	63.37	0.10	0.01	3.50	0.38	0.06	0.01
4	6.88	8.63	152.03	0.05	0.06	4.88	1.75	0.03	0.01
5	6.43	3	149.41	0.04	0.02	8	3.13	0.05	0.02
6	4.88	0	78.91	0.06	0	5.25	0	0.07	0
			Total	0.06	0.02		Total	0.06	0.01

Interespecíficamente se encontró que la densidad de *H. frenatus* fue mayor (previo a la estación de lluvias: 0.12 ± 0.01 y después de la estación de lluvias: 0.07 ± 0.02) que la de *P. lanei* en los sitios iluminados artificialmente en ambos muestreos (previo a la estación de lluvias: 0.03 ± 0.01 ; t de student, $t = -5.59$, g.l. = 10, $P < 0.01$ y después de la estación de lluvias: 0.01 ± 0.004 ; U de Mann-Whitney, $U = -2.88$, $P < 0.01$), mientras que la densidad de *P. lanei* fue mayor (previo a la estación de lluvias: 0.06 ± 0.01 y después de la estación de lluvias: 0.06 ± 0.02) que la de *H. frenatus* en los sitios sin luz (previo a la estación de lluvias: 0.2 ± 0.01 ; U de Mann-Whitney, $U = 2.40$, $P = 0.01$ y después de la estación de lluvias: 0.01 ± 0.002 ; t de student, $t = 3.41$, g.l. = 10, $P < 0.01$).

Por otro lado, al comparar entre muestreos, no se encontraron diferencias significativas al comparar la densidad poblacional de cada especie, según la condición lumínica, antes versus después de la estación de lluvias (*H. frenatus* con luz: U de Mann-Whitney, $U = 1.60$, $P = 0.11$; *H. frenatus* sin luz: U de Mann-Whitney, $U = 0.24$, $P = 0.81$; *P. lanei* con luz: t de student, $t = 0.99$, g.l. = 10, $P = 0.34$, *P. lanei* sin luz: t de student, $t = 0.08$, g.l. = 10, $P = 0.94$).

9.3 Tamaño poblacional

Previo a la estación de lluvias, se capturaron 154 geckos adultos, de los cuales 76 fueron *H. frenatus* (92.11 % en sitios con luz y 7.89 % en sitios sin luz) y 78 correspondieron a *P. lanei* (30.77 % en sitios con luz y 69.23 % en sitios sin luz). Del total de capturas, 25 (16 %) fueron recapturas (Cuadro 3). La estimación del tamaño

poblacional total para las especies fue de 261.24 (Intervalo de Confianza [I.C.] 195.12 a 395.17) en *H. frenatus* y 142.42 (I.C. 101.53 a 238.47) para *P. lanei*.

Cuadro 3. Número de geckos adultos capturados, marcados y recapturados en los sitios con y sin luz artificial de la Estación de Biología Chamela, previo a la estación de lluvias.

Noche de muestreo	Capturas (Ct)	Recapturas (Rt)	Nuevos marcados	Suma de geckos marcados
<i>Hemidactylus frenatus</i>				
1	10	0	10	10
2	10	0	10	20
3	10	1	9	29
4	10	2	8	37
5	7	1	6	43
6	10	1	9	52
7	12	2	10	62
8	7	2	5	67
Total	76	9	67	
<i>Phyllodactylus lanei</i>				
1	8	0	8	8
2	7	0	7	15
3	12	1	11	26
4	6	3	3	29
5	15	3	12	41
6	8	2	6	47
7	13	4	9	56
8	9	3	6	62
Total	78	16	62	

Por otro lado, después de la estación de lluvias, se capturaron un total de 158 geckos los cuales 77 fueron *H. frenatus* (89.61 % en sitios con luz y 10.39 % en sitios sin luz) y 81 correspondieron a *P. lanei* (29.63 % en sitios con luz y 70.37 % en sitios sin luz). Del total de capturas, 31 (20 %) fueron recapturas (Cuadro 4). La estimación del tamaño poblacional total fue de 138.75 *H. frenatus* (I.C 94.14 a 263.74) y 159.02 *P. lanei* (I.C. 97.83 a 424.48).

Cuadro 4. Número de geckos adultos capturados, marcados y recapturados en los sitios con y sin luz artificial de la Estación de Biología Chamela, después de la estación de lluvias.

Noche de muestreo	Capturas (Ct)	Recapturas (Rt)	Nuevos marcados	Suma de geckos marcados
<i>Hemidactylus frenatus</i>				
1	8	0	8	8
2	12	0	12	20
3	8	3	5	25
4	10	2	8	33
5	9	0	9	42
6	11	3	8	50
7	3	1	2	52
8	16	7	9	61
Total	77	16	61	
<i>Phyllodactylus lanei</i>				
1	6	0	6	6
2	3	0	3	9
3	9	0	9	18
4	7	1	6	24
5	16	2	14	38
6	7	0	7	45
7	22	8	14	59
8	11	4	7	66
Total	81	15	66	

9.4 Condición corporal

Para evaluar diferencias en la longitud hocico-cloaca entre hembras y machos de ambas especies, se emplearon los datos de 67 individuos de *H. frenatus*, 34 hembras (32 de sitios con luz y 2 de sitios sin luz) y 33 machos (29 de sitios con luz y 4 de sitios sin luz), y 62 datos de *P. lanei*, 30 hembras (10 de sitios con luz y 20 de sitios sin luz) y 32 machos (8 de sitios con luz y 24 de sitios sin luz) del muestreo previo a las lluvias. Para el segundo muestreo, después de la estación de lluvias, se utilizaron los datos de 61 individuos de *H. frenatus*, 29 hembras (24 de sitios con luz

y 5 de sitios sin luz) y 32 machos (30 de sitios con luz y 2 de sitios sin luz), y 66 datos de individuos de *P. lanei*, 43 hembras (13 de sitios con luz y 30 de sitios sin luz) y 23 machos (6 de sitios con luz y 17 de sitios sin luz).

Los datos de longitud hocico-cloaca de machos y hembras de *H. frenatus* del primer muestreo no mostraron diferencias significativas en ninguna de las dos condiciones (con luz: $LHC_{Machos} = 52.20 \pm 0.77$, $n = 29$; $LHC_{Hembras} = 51.48 \pm 0.48$, $n = 32$; sin luz: $LHC_{Machos} = 54.91 \pm 2.39$, $n = 4$; $LHC_{Hembras} = 49.83 \pm 0.71$, $n = 2$) (U de Mann-Whitney, $U = 1.21$, $P = 0.23$ y t de Aspin-Welch, $t = -2.04$, $g.l. = 3.47$, $P = 0.12$, respectivamente). De esta forma los datos se juntaron para el análisis de regresión lineal. Los datos de la longitud hocico-cloaca de hembras y machos de *P. lanei* tampoco mostraron diferencias significativas en ninguna de las dos condiciones (con luz: $LHC_{Machos} = 60.53 \pm 2.31$, $n = 8$; $LHC_{Hembras} = 65.99 \pm 1.20$, $n = 10$; sin luz: $LHC_{Machos} = 67.04 \pm 1.07$, $n = 24$; $LHC_{Hembras} = 66.25 \pm 1.59$, $n = 20$) (Aspin-Welch, $t = 2.09$, $g.l. = 10.65$, $P = 0.06$; U de Mann-Whitney, $U = 0.28$, $P = 0.78$, respectivamente).

Asimismo, la longitud hocico-cloaca de machos y hembras de *H. frenatus*, del segundo muestreo, tampoco mostraron diferencias significativas en ninguna de las dos condiciones (con luz: $LHC_{Machos} = 49.88 \pm 1.02$, $n = 30$; $LHC_{Hembras} = 49.85 \pm 0.98$, $n = 24$; sin luz: $LHC_{Machos} = 49.21 \pm 4.67$, $n = 2$; $LHC_{Hembras} = 48.21 \pm 1.41$, $n = 5$) (U de Mann-Whitney, $U = -1.18$, $P = 0.86$ y t de Aspin-Welch, $t = -0.20$, $g.l. = 1.19$, $P = 0.87$, respectivamente), permitiendo reunir la información de machos y hembras para el análisis de regresión lineal. Así mismo, los datos de longitud hocico-cloaca de

hembras y machos de *P. lanei* tampoco mostraron diferencias significativas en ninguna de las dos condiciones (con luz: $LHC_{Machos} = 62.60 \pm 2.46$, $n = 6$; $LHC_{Hembras} = 61.23 \pm 1.90$, $n = 13$; sin luz: $LHC_{Machos} = 67.30 \pm 1.71$, $n = 17$; $LHC_{Hembras} = 63.79 \pm 1.44$, $n = 30$) (t de student, $t = -41.84$, g.l. = 17, $P = 0.68$; $t = -1.52$, g.l. = 45, $P = 0.13$, respectivamente).

Para el muestreo previo a la estación de lluvias, la regresión de los datos de masa corporal contra longitud hocico-cloaca de *H. frenatus* bajo la condición con luz, fue significativa ($r^2 = 0.87$, $F = 93.83$, g.l. = 14, $P < 0.01$). Los individuos con autotomía caudal fueron excluidos (Dudek *et al.*, 2015), debido al efecto que la autotomía caudal puede tener sobre el crecimiento corporal, asumiendo que existe un costo energético que la regeneración implica (Ballinger y Tinker, 1979; Maginnis, 2006), por lo que el tamaño de muestra de *H. frenatus* bajo la condición sin luz (de ambos muestreos) fue insuficiente y no fue posible realizar este análisis. En el caso de *P. lanei*, las regresiones para los sitios con y sin luz artificial también fueron significativas ($r^2 = 0.94$, $F = 90.62$, g.l. = 6, $P < 0.01$ 0; $r^2 = 0.97$, $F = 245.10$, g.l. = 8, $P < 0.01$).

Para el muestreo realizado después de la estación de lluvias, la regresión considerando masa corporal (variable Y) contra longitud hocico-cloaca (variable X) de *H. frenatus* bajo la condición con luz, fue significativa ($r^2 = 0.87$, $F = 46.91$, g.l. = 52, $P < 0.01$). En el caso de *P. lanei* las regresiones para los sitios con y sin luz artificial también resultaron significativas ($r^2 = 0.68$, $F = 8.42$, g.l. = 4, $P = 0.044$ 0; $r^2 = 0.82$, $F = 61.57$, g.l. = 14, $P < 0.01$, respectivamente).

En el Cuadro 5 se muestra la condición corporal de los individuos de ambas especies de geckos bajo las dos condiciones de iluminación estudiadas y en ambos muestreos realizados. La condición corporal de *H. frenatus* fue mayor en el segundo muestreo. Por otro lado, la condición corporal de *P. lanei* fue mayor en la condición con luz artificial, en ambos muestreos. Sin embargo, estas diferencias no fueron significativas (previo a la estación de lluvias: t de student, $t = 0.0002$, g.l. = 16, $P = 0.99$; después de la estación de lluvias: t de student, $t = 0.0004$, g.l. = 20, $P = 0.99$).

Cuadro 5. Condición corporal. Promedios de los Índices de residuales (\pm Error Estándar) para *Hemidactylus frenatus* y *Phyllodactylus lanei* en los sitios con luz y sin luz artificial de la Estación de Biología Chamela, antes y después de la estación de lluvias.

	Índice de residuales	EE	Índice de residuales	EE
	Con luz artificial		Sin luz artificial	
	<i>Previo a la estación de lluvias</i>			
<i>Hemidactylus frenatus</i>	-6.25E-06	(± 0.02)		
<i>Phyllodactylus lanei</i>	2.60209E-18	(± 0.04)	-1E-05	(± 0.02)
	<i>Después de la estación de lluvias</i>			
<i>Hemidactylus frenatus</i>	1.54198E-18	(± 0.03)		
<i>Phyllodactylus lanei</i>	1.66667E-05	(± 0.05)	-6.25E-06	(± 0.03)

9.5 Disponibilidad de presas

La diversidad de artrópodos, previo a la temporada de lluvias, fue significativamente distinta entre cada condición (t de Hutchenson, $t = 4.90$, g.l. = 192.51, $P < 0.01$). Los sitios sin luz artificial tuvieron mayor diversidad de presas ($H' = 1.99$) que los sitios con luz artificial ($H' = 1.68$). En los sitios con luz se encontró un total de 2368 presas, la mayoría de la clase Insecta. Los órdenes representados con mayor porcentaje

fueron Hemiptera (34 %), Lepidoptera (24 %), Diptera (19 %) y Coleoptera (12 %). Mientras que en los sitios sin luz se registraron un total de 165 presas. Diptera (28 %), Hymenoptera (formicidae) (19 %) y Hemiptera (13 %) fueron los órdenes con mayor relevancia numérica (Cuadro 6).

Cuadro 6. Disponibilidad de presas en sitios con luz y sin luz artificial en la Estación de Biología Chamela, previo a la estación de lluvias.

Categoría	Con luz		Sin luz	
	Número	% N	Número	% N
Araneae	29	1.22	16	9.70
Coleoptera	280	11.82	7	4.24
Diptera	460	19.43	46	27.88
Hemiptera	810	34.21	22	13.33
Hymenoptera	80	3.38	16	9.70
Hymenoptera (Formicidae)	76	3.21	32	19.39
Ixodida	0	0	1	0.61
Lepidoptera	570	24.07	18	10.91
Mantodea	3	0.13	0	0
Mecoptera	1	0.04	0	0
Neuroptera	1	0.04	1	0.61
Orthoptera	35	1.48	2	1.21
Psocoptera	23	0.97	3	1.82
Thysanoptera	0	0	1	0.61
Total	2368		165	

Por otro lado, la diversidad de artrópodos, después de la temporada de lluvias, también fue distinta entre cada condición (t de Hutchenson, $t = 3.94$, g.l. = 287.92, $P < 0.01$). Los sitios con luz artificial tuvieron mayor diversidad ($H' = 1.83$) que los sitios sin luz artificial ($H' = 1.59$). En los sitios con luz se encontró un total de 10693 presas, la mayoría insectos. Los órdenes encontrados en mayor porcentaje fueron Lepidoptera (28 %), Diptera (21 %), Coleoptera (19 %) y Hemiptera (13). En los sitios

sin luz se registró un total de 281 insectos; Coleoptera (46 %) y Diptera (26 %) fueron los órdenes con mayor número de presas (Cuadro 7).

Cuadro 7. Disponibilidad de presas en sitios con luz y sin luz artificial en la Estación de Biología Chamela, después de la estación de lluvias.

Categoría	Con luz		Sin luz	
	Número	% N	Número	% N
Araneae	15	0.14	19	6.76
Coleoptera	1996	18.67	128	45.55
Diptera	2259	21.13	72	25.62
Hemiptera	1340	12.53	10	3.56
Hymenoptera	95	0.89	4	1.42
Hymenoptera (Formicidae)	764	7.14	25	8.90
Isoptera	1008	9.43	1	0.36
Ixodida	1	0.01	0	0
Larvas	2	0.02	6	2.14
Lepidoptera	2947	27.56	7	2.49
Mantodea	1	0.01	0	0
Neuroptera	7	0.07	0	0
Orthoptera	33	0.31	0	0
Psocoptera	212	1.98	9	3.20
Thysanoptera	12	0.11	0	0
Pseudoscorpionida	1	0.01	0	0
Total	10693		281	

9.6 Dieta

Los contenidos estomacales revisados de los ocho ejemplares de *H. frenatus* (cuatro de los sitios con luz y cuatro de los sitios sin luz) y los ocho ejemplares de *P. lanei* (cuatro de los sitios con luz y cuatro de los sitios sin luz), del muestreo que corresponde previo a la temporada de lluvias, tuvieron material identificable, excepto un individuo de *H. frenatus* que contenía material ya digerido (condición sin luz). Mientras que los ocho contenidos estomacales de ejemplares de *H. frenatus* y los

ocho contenidos estomacales de los ejemplares de *P. lanei*, del muestreo después de la estación de lluvias, tuvieron material identificable.

9.6.1 Previo a la temporada de lluvias

Los resultados mostraron diferencias significativas en la dieta de *H. frenatus* entre los sitios con luz y sin luz ($X^2 = 19.007$, g.l. = 8, $P = 0.015$). En los contenidos estomacales de los geckos de los sitios con luz artificial se registró un total de 21 presas de los órdenes: Araneae, Hemiptera, Hymenoptera (Formicidae) y Lepidoptera, los lepidópteros fueron el tipo de presas con mayor importancia relativa (Cuadro 8). En los contenidos estomacales de los geckos de los sitios sin luz artificial se encontraron 12 presas de los órdenes: Araneae, Blattodea, Coleoptera, Diptera, Lepidoptera, Neuroptera y Orthoptera, los lepidópteros y ortópteros fueron los tipos de presas con mayor importancia relativa (Cuadro 8).

La dieta de *P. lanei* en los sitios con y sin luz también mostró diferencias significativas ($X^2 = 16.63$, g.l. = 5, $P = 0.005$). En ambas condiciones se registraron 16 presas en los contenidos estomacales. En los sitios con luz artificial se encontró que los geckos consumieron artrópodos de los órdenes: Araneae, Hemiptera, Lepidoptera, Orthoptera y Scolopendromorpha, las presas con mayor importancia relativa fueron lepidópteros, escolopendromorfos y arañas. Mientras que, en los sitios sin luz artificial los órdenes encontrados fueron: Araneae, Coleoptera, Hemiptera, Lepidoptera y Orthoptera. Arañas, hemípteros y coleópteros, fueron los tipos de presas con mayor importancia relativa (Cuadro 8).

Cuadro 8. Composición de la de la dieta de *Hemidactylus frenatus* y *Phyllodactylus lanei* de la Estación de Biología Chamela, previo a la estación de lluvias.

Ítem	<i>Hemidactylus frenatus</i>												<i>Phyllodactylus lanei</i>											
	Con luz						Sin luz						Con luz						Sin luz					
	N	(%)	V	(%)	F (%)	IIR	N	(%)	V	(%)	F (%)	IIR	N	(%)	V	(%)	F (%)	IIR	N	(%)	V	(%)	F (%)	IIR
Araneae	1	(4.76)	0.43	(0.03)	1 (25)	119.88	2	(16.67)	4.64	(0.88)	1 (33.33)	584.83	2	(12.5)	56.82	(9.28)	2 (50)	1088.83	8	(50)	323.37	(14.43)	3 (75)	7422.93
Blattodea	0	(0)	0	(0)	0 (0)	0	2	(16.67)	18.54	(3.50)	1 (33.33)	672.39	0	(0)	0	(0)	0 (0)	0	0	(0)	0	(0)	0 (0)	0
Coleoptera	0	(0)	0	(0)	0 (0)	0	1	(8.33)	96.61	(18.26)	1 (33.33)	886.57	0	(0)	0	(0)	0 (0)	0	3	(18.75)	78.73	(19.99)	2 (50)	1533.65
Diptera	0	(0)	0	(0)	0 (0)	0	2	(16.67)	12.19	(2.30)	1 (33.33)	632.34	0	(0)	0	(0)	0 (0)	0	0	(0)	0	(0)	0 (0)	0
Hemiptera	1	(4.76)	2.09	(0.16)	1 (25)	123.09	0	(0)	0	(0)	0 (0)	0	1	(6.25)	32.43	(5.29)	1 (25)	7272.67	2	(12.5)	213.87	(54.32)	2 (50)	2244.50
Hymenoptera (Formicidae)	1	(4.76)	0.86	(0.07)	1 (25)	120.71	0	(0)	0	(0)	0 (0)	0	0	(0)	0	(0)	0 (0)	0	0	(0)	0	(0)	0 (0)	0
Lepidoptera	18	(85.71)	1289.81	(99.74)	3 (75)	13908.96	3	(25)	264.31	(49.97)	2 (66.67)	4997.73	10	(62.5)	211.13	(34.47)	3 (75)	2717.12	1	(6.25)	15.50	(3.94)	1 (25)	214.93
Neuroptera	0	(0)	0	(0)	0 (0)	0	1	(8.33)	6.15	(1.16)	1 (33.33)	316.53	0	(0)	0	(0)	0 (0)	0	0	(0)	0	(0)	0 (0)	0
Orthoptera	0	(0)	0	(0)	0 (0)	0	1	(8.33)	126.54	(23.92)	1 (33.33)	1075.15	1	(6.25)	55.85	(9.12)	1 (25)	315.08	2	(12.5)	28.84	(7.32)	2 (50)	843.37
Scolopendromorpha	0	(0)	0	(0)	0 (0)	0	0	(0)	0	(0)	0 (0)	0	2	(12.5)	256.29	(41.84)	2 (50)	2082.74	0	(0)	0	(0)	0 (0)	0
Ítems no identificados	-	-	-	-	3 (75)	-	-	-	-	-	3 (100)	-	-	-	-	-	3 (75)	-	-	-	-	-	2 (50)	-
Restos de <i>H. frenatus</i>	1	-	-	-	1 (25)	-	0	-	-	-	0 (0)	-	0	-	-	-	0 (0)	-	0	-	-	-	0 (0)	-
Parásitos*	13	-	-	-	2 (50)	-	2	-	-	-	1 (33.33)	-	8	-	-	-	3 (75)	-	160	-	-	-	4 (100)	-
Rocas	6	-	-	-	1 (25)	-	0	-	-	-	0 (0)	-	28	-	-	-	2 (50)	-	64	-	-	-	3 (75)	-
	21		1293.2				12		528.97				16		612.51				16		660.31			

N: Número de presas, V: volumen (mm³), F: Frecuencia, IIR: Índice de Importancia Relativa.

* Parásitos: nematodos encontrados en el tracto gastrointestinal.

La dieta entre ambas especies no mostró diferencias significativas en la condición con luz ($X^2 = 6.05$, g.l. = 5, $P = 0.30$) ni en la condición sin luz artificial ($X^2 = 12.62$, g.l. = 7, $P = 0.08$). En la condición con luz, ambas especies consumieron en mayor cantidad el segundo orden más abundante, Lepidoptera (Fig. 2); este orden constituyó el 86 % de la dieta de *H. frenatus* y un 63 % de la dieta de *P. lanei* (Cuadro 8).

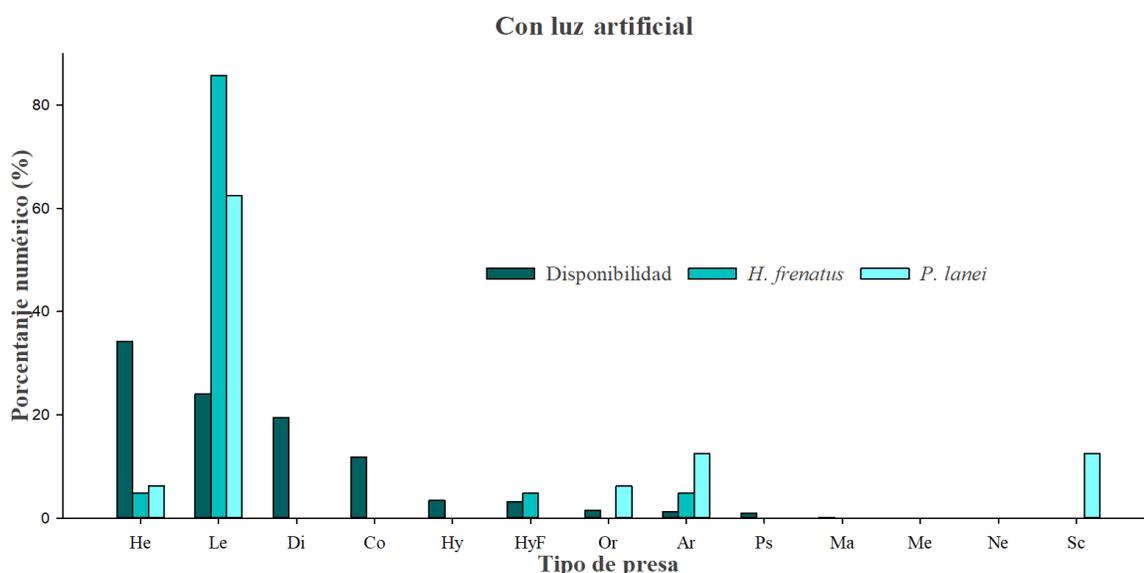


Figura 2. Abundancia de cada tipo de presa disponible y en la dieta de *H. frenatus* y *P. lanei*, a partir del análisis del contenido estomacal, bajo la condición con luz, previo a la estación de lluvias. He: Hemiptera; Le: Lepidoptera; Di: Diptera; Co: Coleoptera; Hy: Hymenoptera; HyF: Hymenoptera (Formicidae); Or: Orthoptera; Ar: Araneae; Ps: Psocoptera; Ma: Mantodea; Me: Mecoptera; Ne: Neuroptera; Sc: Scolopendromorpha.

En la condición sin luz, la dieta de *H. frenatus* estuvo conformada en su mayoría por lepidópteros (25 %), arañas (17 %), blatodeos (17 %) y dípteros (17 %), siendo el orden Diptera el de mayor disponibilidad en el ambiente. Por otro lado, el 50 % de la

dieta de *P. lanei* correspondió a Araneae, seguido de Coleoptera (19 %), ambos consumidos en mayor porcentaje a lo disponible en el ambiente (Fig. 3, Cuadro 8).

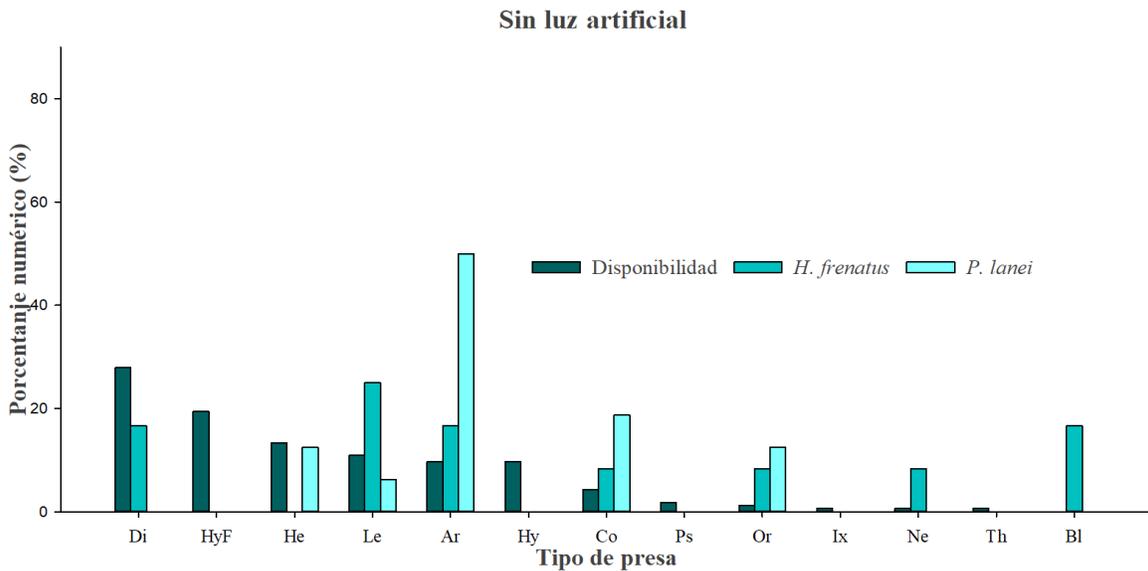


Figura 3. Abundancia de cada tipo de presa disponible y en la dieta de *H. frenatus* y *P. lanei*, a partir del análisis del contenido estomacal, bajo la condición sin luz artificial, previo a la estación de lluvias. Di: Diptera; HyF: Hymenoptera (Formicidae); Ar: Araneae, He: Hemiptera; Le: Lepidoptera; Co: Coleoptera; Ps: Psocoptera; Hy: Hymenoptera; Ix: Ixodida; Th: Thysanoptera; Bl: Blattodea; Ne: Neuroptera Or: Orthoptera.

Con respecto a la amplitud de nicho alimenticio, *H. frenatus* mostró valores bajos en ambas condiciones (con luz: 0.002, sin luz: 0.32). En el caso de *P. lanei*, su amplitud de nicho alimenticio fue más alta en los sitios con luz (0.55) que en los sitios sin luz artificial (0.44).

La superposición de nicho, entre ambas especies, en la condición con luz artificial fue mayor (0.62), mientras que en la condición sin luz artificial fue baja (0.14).

Posteriormente, al comparar los datos de los contenidos estomacales con la disponibilidad de presas en el ambiente se encontró que *H. frenatus* consume porcentajes diferentes a los disponibles (con luz artificial: $X^2 = 47.51$, g.l. = 11, $P < 0.01$; y sin luz artificial: $X^2 = 45.55$, g.l. = 12, $P < 0.01$). Así mismo, la dieta de *P. lanei* también fue diferente a la disponibilidad de presas en ambas condiciones (con luz artificial: $X^2 = 333.48$, g.l. = 12, $P < 0.01$; y sin luz artificial: $X^2 = 41.84$, g.l. = 11, $P < 0.01$).

9.6.2 Después de la estación de lluvias

Se encontraron diferencias significativas en la dieta de *H. frenatus* entre los sitios con luz y sin luz ($X^2 = 22.464$, g.l. = 8, $P = 0.004$). En los contenidos estomacales de los geckos de los sitios con luz artificial se registraron un total de 25 presas de los órdenes: Araneae, Diptera, Hymenoptera (Formicidae), Isoptera y Lepidoptera, los lepidópteros fueron la categoría con mayor importancia relativa (Cuadro 9). En los contenidos estomacales de los geckos de los sitios sin luz artificial se encontraron un total de 23 presas de los órdenes: Araneae, Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Hymenoptera (Formicidae), larvas de insectos y Lepidoptera, los lepidópteros, arañas y hemípteros fueron las presas con mayor importancia relativa (Cuadro 9).

La dieta de *P. lanei* en los sitios con y sin luz también mostró diferencias significativas ($X^2 = 31.79$, g.l. = 8, $P < 0.01$). En la condición con luz se registraron 55 presas en los contenidos estomacales, mientras que en la condición sin luz se registraron 15 presas. En los sitios con luz artificial se encontró que los geckos

consumieron artrópodos de los órdenes: Araneae, Coleoptera, Hymenoptera, Hymenoptera (Formicidae), Isoptera, Lepidoptera y Scolopendromorpha, las presas con mayor importancia relativa fueron lepidópteros, isópteros, arañas y coleópteros. Mientras que en los sitios sin luz artificial las presas encontradas pertenecen a los órdenes: Araneae, Coleoptera, Hemiptera, larvas de insectos y Lepidoptera. Los órdenes con mayor importancia relativa fueron lepidópteros, coleópteros y arañas (Cuadro 9).

Cuadro 9. Composición de la de la dieta de *Hemidactylus frenatus* y *Phyllodactylus lanei*, en la Estación de Biología Chamela, después de la estación de lluvias.

Ítem	<i>Hemidactylus frenatus</i>										<i>Phyllodactylus lanei</i>									
	Con luz					Sin luz					Con luz					Sin luz				
	N (%)	V (%)	F (%)	IIR	N (%)	V (%)	F (%)	IIR	N (%)	V (%)	F (%)	IIR	N (%)	V (%)	F (%)	IIR	N (%)	V (%)	F (%)	IIR
Araneae	2 (8)	0.75 (0.09)	1 (25)	202.13	5 (21.74)	3.33 (0.93)	4 (100)	2266.98	9 (16.36)	110.34 (10.13)	3 (75)	1986.92	3 (20)	52.64 (6.83)	2 (50)	1341.36				
Coleoptera	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0	2 (8.70)	37.73 (10.56)	1 (25)	481.38	3 (5.45)	182.85 (16.79)	3 (75)	1667.97	5 (33.33)	81.74 (10.60)	3 (75)	3295.15				
Diptera	1 (4)	15.88 (1.81)	1 (25)	145.29	2 (9)	0.44 (0.12)	2 (50)	440.97	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0				
Hemiptera	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0	5 (22)	27.26 (7.63)	3 (75)	2202.64	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0	2 (13.33)	44.92 (5.83)	2 (50)	957.99				
Hymenoptera	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0.00	1 (4.35)	1.25 (0.35)	1 (25)	117.45	2 (3.64)	51.90 (5)	1 (25)	210	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0				
Hymenoptera (Formicidae)	1 (4)	18.22 (2.08)	1 (25)	151.97	2 (8.70)	36.72 (10.28)	1 (25)	474.35	2 (3.64)	73.66 (6.76)	1 (25)	259.96	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0				
Isoptera	8 (32)	55.78 (6.36)	1 (25)	959.10	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0	28 (50.91)	228.73 (21)	2 (50)	3595.25	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0				
Larvas de insectos	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0	1 (4)	67.98 (19.03)	1 (25)	584.37	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0	2 (13.33)	6.74 (0.87)	2 (50)	710.36				
Lepidoptera	13 (52)	785.89 (89.66)	3 (75)	10624.51	5 (21.74)	182.57 (51.10)	4 (100)	7284.01	10 (18.18)	330.45 (30.33)	3 (75)	3638.67	3 (20)	584.97 (75.87)	2 (50)	4793.52				
Scolopendromorpha	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0	1 (1.82)	111.45 (10)	1 (25)	301	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0				
Ítems no identificados	-	-	1 (25)	-	-	-	1 (25)	-	-	-	0 (0)	-	-	-	0 (0)	-				
Parásitos*	5	-	2 (50)	-	5	-	2 (50)	-	25	-	2 (50)	-	52	-	4 (100)	-				
Rocas	15	-	2 (50)	-	1	-	1 (25)	-	1	-	1 (25)	-	0	-	3 (75)	-				
	25	876.52			23	357.27			55	1089.39			15	771.01						

N: Número de presas, V: volumen (mm³), F: Frecuencia, IIR: Índice de Importancia Relativa.

* *Parásitos*: nematodos encontrados en el tracto gastrointestinal.

La dieta entre ambas especies no mostró diferencias significativas en la condición con luz ($X^2 = 14.01$, g.l. = 7, $P = 0.05$) ni en la condición sin luz artificial ($X^2 = 7.56$, g.l. = 7, $P = 0.37$). En la condición con luz, *H. frenatus* consumió en mayor cantidad lepidópteros (52 %) e isópteros (32 %), el orden Lepidoptera representa las presas más abundantes en el ambiente (Fig. 4). Mientras que *P. lanei* consumió en mayor cantidad isópteros (50 %), el quinto orden con mayor disponibilidad de presas en el ambiente (Cuadro 9).

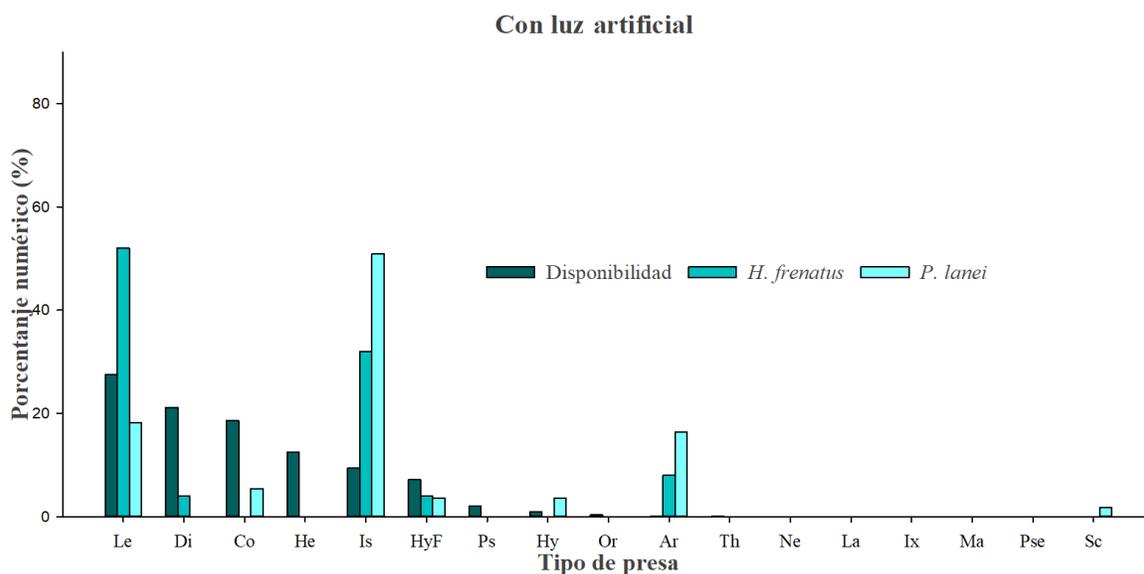


Figura 4. Abundancia de cada tipo de presa disponible en el ambiente y consumidas por *H. frenatus* y *P. lanei*, a partir del análisis del contenido estomacal, bajo la condición con luz, después de la estación de lluvias. Le: Lepidoptera; Di: Diptera; Co: Coleoptera; He: Hemiptera, Is: Isoptera; HyF: Hymenoptera (Formicidae); Ps: Psocoptera; Hy: Hymenoptera; Or: Orthoptera; Ar: Araneae; Th: Thysanoptera; Ne: Neuroptera; La: Larvas de insectos; Ix: Ixodida; Ma: Mantodea; Pse: Pseudoscorpionida; Sc: Scolopendromorpha.

En la condición sin luz, la dieta de *H. frenatus* estuvo conformada en su mayoría por hemípteros (22 %), arañas (21.74 %) y lepidópteros (21.74 %), estos órdenes fueron

consumidos por las lagartijas en mayor cantidad a la que se registró en el ambiente. Por otro lado, las presas de los órdenes más consumidos por *P. lanei* fueron Coleoptera (33.33 %), Araneae (20 %) y Lepidoptera (20 %), siendo Coleoptera el orden con mayor disponibilidad de presas en el ambiente (Fig. 5 y Cuadro 9).

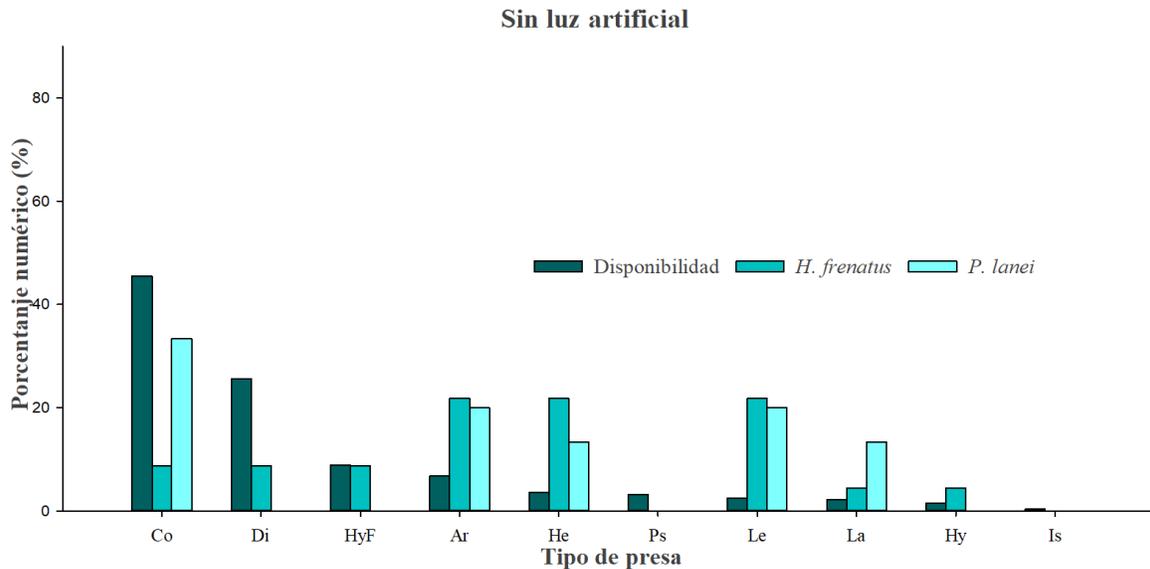


Figura 5. Abundancia de cada tipo de presa disponible y en la dieta de *H. frenatus* y *P. lanei*, a partir del análisis del contenido estomacal, bajo la condición sin luz artificial, después de la estación de lluvias. Co: Coleoptera; Di: Diptera; HyF: Hymenoptera (Formicidae); Ar: Araneae, He: Hemiptera; Ps: Psocoptera; Le: Lepidoptera; La: Larvas de insectos; Hy: Hymenoptera; Is: Isoptera.

La amplitud de nicho alimenticio de *H. frenatus* fue baja en ambas condiciones (con luz: 0.06, sin luz: 0.30). En el caso de *P. lanei*, su amplitud de nicho alimenticio fue alta en los sitios con luz (0.70) y baja en los sitios sin luz artificial (0.17).

La superposición de nicho alimentario entre especies y en ambas condiciones fue alta (sin luz: 0.92, con luz: 0.73).

Al comparar los datos de los contenidos estomacales con la disponibilidad de presas en el ambiente, se encontró que *H. frenatus* consume porcentajes diferentes a los disponibles (con luz artificial: $X^2 = 128.41$, g.l. = 15, $P < 0.01$; y sin luz artificial: $X^2 = 51.87$, g.l. = 9, $P < 0.01$). Por otro lado, la dieta de *P. lanei* también fue diferente a la disponibilidad de presas en ambas condiciones (con luz artificial: $X^2 = 969.37$, g.l. = 16, $P < 0.01$; y sin luz artificial: $X^2 = 32.60$, g.l. = 9, $P < 0.01$).

Finalmente, al comparar la dieta de ambas especies según la condición, entre cada muestreo (antes y después de la estación de lluvias), solo se encontraron diferencias significativas entre la dieta de *P. lanei* en la condición con luz ($X^2 = 29.17$, g.l. = 8, $P < 0.01$).

10. Discusión

10.1 Tamaño poblacional

El tamaño poblacional de una especie está determinado por la tasa de nacimientos y muertes (Pianka, 2011), ambos parámetros demográficos a su vez son el resultado de factores intrínsecos y/o extrínsecos de la especie. Por esto, considerar factores como la estrategia reproductiva, supervivencia, disponibilidad de recursos alimentarios, competencia y las condiciones ambientales, puede ayudar a explicar la diferencia en los tamaños poblacionales encontrados de *P. lanei* y *H. frenatus*.

El tamaño poblacional estimado de *H. frenatus* fue mayor (casi el doble) que el estimado para *P. lanei* en el muestreo previo a la estación de lluvias mientras que en el segundo muestreo, después de la estación de lluvias, la población de *P. lanei* fue

mayor (con una diferencia de 20 individuos) que la de *H. frenatus*. Cabe mencionar que la disminución del tamaño poblacional estimado para *H. frenatus* en el segundo muestreo (previo a la estación de lluvias: 261.24 individuos; y después de la estación de lluvias: 138.75 individuos), puede estar relacionado al cambio en la cantidad de luces artificiales encendidas durante el periodo en el que la Estación de Biología detuvo sus actividades, debido a la contingencia por el SARS-CoV-2. Ya que la reducción en la cantidad de iluminación artificial pudo provocar una disminución en la disponibilidad de artrópodos (MacGregor *et al.*, 2017); lo que da como resultado un espacio (construcciones) menos atractivo para las lagartijas (Case *et al.*, 1994; Newbery y Jones, 2007) comparado con los resultados del primer muestreo, previo a la estación de lluvias. Por lo tanto, el tamaño poblacional de *H. frenatus*, para el segundo muestreo, es una consecuencia del cambio de condiciones que se reflejó en una población menor.

En cuanto a la diferencia entre el tamaño poblacional calculado para ambas especies de geckos llevado a cabo en el primer muestreo, no parece estar relacionada a factores intrínsecos de las especies. Debido a que la estrategia reproductiva de cada especie es similar, debido a que ambas especies de geckos tienen actividad reproductiva continua a lo largo del año (sin un ciclo estacional definido), presentan más de tres puestas al año y exhiben un tamaño de puesta de dos huevos (Ramírez-Bautista *et al.*, 2006; Ramírez-Sandoval *et al.*, 2006; Díaz-Pérez *et al.*, 2017). Por otro lado, se sabe que un mayor tamaño de los huevos, y por lo tanto de las crías, está asociado a una mayor supervivencia (Smith y Fretwell, 1974; Brockelman, 1975;

Svensson y Sinervo, 2000, 2004; Uller y Olsson, 2010). En el caso de *H. frenatus*, se ha reportado que el tamaño de la hembra no tiene efectos sobre el tamaño de los huevos (Díaz-Pérez *et al.*, 2017), mientras que en *P. lanei*, la masa corporal sí exhibe una correlación positiva con el tamaño de los huevos (Ramírez-Sandoval *et al.*, 2006). Sin embargo, debido a que no se encontraron diferencias significativas entre la condición corporal de ambas especies de los sitios con y sin luz artificial, en ambos muestreos, este factor parece no estar influyendo sobre el tamaño poblacional de *P. lanei*.

El menor tamaño poblacional de *P. lanei*, previo a las lluvias, puede estar relacionado a la menor disponibilidad de alimento en el ambiente, ya que en el muestreo previo a la estación de lluvias la cantidad de presas disponibles fue un 78 % (en los sitios con luz artificial) y un 59 % (en los sitios sin luz artificial) menor al disponible en el muestreo después de la estación de lluvias. Esta escasez de alimento incrementó la competencia de ambas especies de geckos, resultando en una tendencia a la repartición de recursos como se observa en la mediana superposición de nicho alimentario en los sitios con luz artificial y baja superposición de nicho en los sitios sin luz artificial. Esto se apoya en los resultados del segundo muestreo, donde la oferta de recursos alimentarios fue mayor y la superposición de nicho alimentario de ambas especies se volvió alta en ambas condiciones lumínicas, es decir, esta mayor disponibilidad de presas les permitió explotar el mismo tipo de alimento.

Es relevante mencionar, que en el sitio número seis (sin luz artificial), se encontraron únicamente individuos de *P. lanei*, que representaron el 32 % del total de individuos

capturados de esta especie, en la condición sin luz artificial. Este sitio es el más alejado de todos los analizados, y se encuentra más inmerso dentro del bosque tropical caducifolio. La alta abundancia de *P. lanei* en este sitio puede indicar una mayor predilección por ambientes naturales sobre los antropizados, como se ha reportado en otras especies del género *Phyllodactylus* (Hughes *et al.*, 2015; Williams *et al.*, 2016; Venegas *et al.*, 2017).

En contraste, se sabe que los individuos de *H. frenatus* prefieren establecerse en ambientes antropizados, concentrándose principalmente en las zonas con mayor cantidad de luz artificial que en áreas más naturales (Hunsaker y Breese, 1967; Newbery *et al.*, 2005; Newbery y Jones, 2007; Nicholson *et al.*, 2015); este comportamiento se debe a los beneficios (en términos de hábitat y alimento) que este tipo de ambiente les brinda (Petren *et al.*, 1993; Petren y Case, 1998).

Por otro lado, a pesar de que *P. lanei* también puede resultar beneficiado en hábitats antropizados, como ocurre en otras especies del género (Hoogmoed, 1989; McCranie *et al.*, 2005; Van Buurt, 2010), puede estar usando este hábitat en menor proporción debido a la presencia de *H. frenatus*. Por esta razón, es posible que el tamaño de la población de *P. lanei* sea mayor dentro del bosque tropical caducifolio, sin embargo, esta información debe confirmarse con muestreos en sitios más naturales de la Estación de Biología Chamela, es decir, dentro del bosque tropical caducifolio.

10.2 Densidad poblacional

La mayor densidad poblacional de *H. frenatus* para ambos muestreos, se registró en los sitios con iluminación artificial, contrario a lo observado en *P. lanei*. Se sabe que existe una relación inversa entre la densidad poblacional y el promedio de la masa corporal de una especie (Damuth, 1981), es decir, una especie de mayor masa vive en densidades menores que una especie de menor masa, sin embargo, la densidad poblacional de las especies de geckos estudiadas en el presente trabajo no siguieron esta regla, debido a que en la condición sin luz artificial se observó que la densidad de *P. lanei* (especie de mayor masa), presentó una mayor densidad poblacional que *H. frenatus* (especie de menor masa corporal), por lo tanto, otros factores son los que determinaron las diferencias en sus densidades poblacionales. Estas diferencias, pueden ser resultado de la disponibilidad y tipo de presas en cada condición, de la interacción entre ambas especies y/o de las condiciones preferidas por cada especie de gecko (Petren *et al.*, 1993; Hanley *et al.*, 1995; Petren y Case, 1998; Newbery y Jones, 2007; Hoskin, 2011).

10.2.1 Disponibilidad y tipos de presas

En ambos muestreos, en los sitios con luz artificial, el orden Lepidoptera presentó un IIR mayor en la dieta de ambas especies de geckos. Este orden ocupó el primer y segundo lugar de mayor disponibilidad en el ambiente en los muestreos (antes y después de la estación de lluvias, respectivamente). Sin embargo, *H. frenatus* consumió un volumen 6 veces mayor de lepidópteros, previo a la estación de lluvias, y 2 veces mayor, después de la estación de lluvias, al consumido por *P. lanei*. Si bien

la dieta de ambas especies, en la condición con luz, no presentó diferencias significativas, *H. frenatus* fue más eficiente capturando y consumiendo lepidópteros de mayor volumen, a pesar de que *P. lanei* alcanza un tamaño corporal mayor. Por lo tanto, en la condición con luz artificial, ambas especies están compitiendo por el mismo tipo de presa, siendo los individuos de *H. frenatus* los más exitosos al cazar. Además, se ha observado que un individuo de esta especie puede consumir aproximadamente el 10 % del volumen total de invertebrados atraídos por una fuente de luz artificial en una noche (Newbery y Jones, 2007), lo que corrobora su alta habilidad (superioridad inherente) para explotar recursos alimentarios en ambientes antropizados (Petren *et al.*, 1993; Petren y Case, 1998), habilidad que podría resultar superior a la que tienen las especies nativas, como lo es el caso de *P. lanei* en la Estación de Biología Chamela, Jalisco.

En ambos muestreos, la dieta de ambas especies de los sitios sin luz artificial tampoco mostró diferencias significativas en términos numéricos. Sin embargo, en la dieta de *H. frenatus* los lepidópteros también tuvieron un mayor IIR en ambos muestreos. Mientras que en la dieta de *P. lanei*, arañas y lepidópteros mostraron un IIR mayor en el muestreo antes y después de la estación de lluvias, respectivamente. Esta preferencia de *H. frenatus* por el orden Lepidoptera, la reportó Tkaczenko *et al.* (2014) en una población de Tailandia, lo que podría explicar la menor densidad poblacional de la especie en los sitios sin luz artificial de la Estación de Biología Chamela (donde la densidad de lepidópteros es menor), y enfatiza el uso de luces

artificiales para cazar. Por otro lado, la menor densidad poblacional de *H. frenatus* le permite a *P. lanei* ocupar en mayor medida estos sitios.

10.2.2 Relaciones interespecíficas

Hemidactylus frenatus y *P. lanei* son consideradas especies de talla mediana, sin embargo, *P. lanei* alcanza tallas mayores a las de la especie introducida (Ramírez-Bautista, 1994; García y Ceballos, 1994). Esta diferencia en el tamaño puede permitirle a la especie de mayor tamaño la capacidad de alimentarse de la otra. Newbery y Jones (2007) en Australia, sugieren que la mayor densidad poblacional del gecko nativo *Nebulifera robusta* en ambientes con poca iluminación artificial (zonas rurales), en comparación con *H. frenatus*, puede deberse a que el tamaño del gecko nativo es mayor, confiriéndole de esta manera la capacidad de depredar a *H. frenatus*. En la presente investigación, no se encontró evidencia de depredación de *P. lanei* sobre individuos de *H. frenatus*. Se requiere un análisis de dieta más exhaustivo para aceptar o rechazar esta hipótesis.

Por otro lado, Bolger y Case (1992) reportaron que *Lepidodactylus lugubris* mostró comportamiento evasivo ante la presencia de *H. frenatus*. Esta evasión podría estar ocurriendo con *P. lanei*, ya que generalmente los individuos de esta especie se encontraron más alejados de las fuentes de luz artificial. Este comportamiento también puede influir en las diferencias en la densidad poblacional de ambos geckos encontradas en este estudio; sin embargo, es necesario evaluar esto con experimentos controlados, similares a los realizados por los autores antes mencionados.

Durante los muestreos no se presenciaron ninguna conducta agresiva interespecífica, por lo que interacciones agresivas pueden no ser un factor relevante para explicar la mayor densidad de *H. frenatus* en los sitios con luz y la mayor densidad de *P. lanei* en los sitios sin luz. A esto, es necesario desarrollar estudios que evalúen de manera puntual esta posibilidad, ya que se ha reportado que *H. frenatus* tiene comportamientos agresivos hacia otras especies de geckos, lo que afecta la adecuación de las otras especies de geckos, debido a que *H. frenatus* acapara los mejores sitios para forrajeo y refugio (Bolger y Case, 1992; Cole *et al.*, 2005).

Otra de las causas por las que algunos autores explican la capacidad de *H. frenatus* para desplazar a otras especies de geckos, se relaciona con la introducción de nuevos parásitos a las especies residentes (Hanley *et al.*, 1995). En este sentido es importante mencionar que, a partir del análisis de la dieta de ambos geckos, se registró un mayor número de parásitos (nematodos) en individuos de *P. lanei* que en *H. frenatus*, por lo que es recomendable estudiar más a fondo este aspecto.

10.2.3 Condiciones preferidas por cada especie de gecko

Se ha reportado que la tolerancia a la actividad humana puede influir en la composición de herpetofauna de sitios con diferente grado de perturbación antrópica (Sabath, 1981; Jackson y Blackburn, 2007). En un estudio realizado en la isla Guam se encontró que *H. frenatus* tiene una alta tolerancia a la actividad humana, además de que su umbral de distancia de huida, ante la presencia de un humano, es menor al de las otras especies presentes, así también, en el mismo estudio se encontró que las especies nativas prefieren áreas alejadas de la población humana (Sabath,

1981). En este estudio se observó que *H. frenatus* permite un mayor acercamiento del observador que *P. lanei*, por lo que el nivel de actividad humana puede estar influyendo sobre las diferencias de las densidades de la población de las dos especies, debido a que los sitios con iluminación artificial presentaron mayor actividad humana durante la noche.

10.3 Condición corporal

No se encontró un efecto negativo sobre la condición corporal de *P. lanei* por la presencia de *H. frenatus*, como se esperaba. Asimismo, la dieta de ambas especies no mostró diferencias significativas en cada condición lumínica. Además de que en los sitios con luz artificial ambas especies depredaron un mayor porcentaje de lepidópteros e isópteros. En contraste con estos resultados, en un estudio experimental en Oahu, Hawái se encontró que *H. frenatus* domina sobre el gecko *L. lugubris*, acaparando los sitios de forrajeo cercanos a las luminarias, lo que disminuyó la condición corporal del gecko nativo (Petren *et al.*, 1993). Sin embargo, la falta de efecto sobre la condición corporal de *P. lanei*, en este estudio, se debe a que este gecko nativo tiene la capacidad de aprovechar una mayor variedad de tipos de presas en presencia de una alta densidad de *H. frenatus*, es decir, en sitios con iluminación artificial, y a su capacidad para aprovechar otros tipos de presas cuando estos son escasos, como se observó en el primer muestreo.

A pesar de que, en la condición sin luz, la disponibilidad de presas fue mucho menor que la de los sitios con luz artificial, en ambos muestreos, *P. lanei*, consumió un mayor volumen de presas que *H. frenatus*. Esto también puede estar relacionado con

los hábitos de forrajeo de ambas especies ya que, durante los muestreos, se observó que *H. frenatus* caza a distancias más cercanas de las luces artificiales en comparación con *P. lanei*. Se observaron individuos de la primera especie perchados sobre las luminarias, mientras que los individuos de *P. lanei* generalmente estuvieron en las zonas más oscuras de los sitios con luz artificial.

10.4 Disponibilidad de presas

En el primer muestreo, los sitios con luz artificial tuvieron una menor diversidad de presas, ya que gran parte de estas correspondieron a cuatro órdenes de insectos con fototaxia positiva, Hemiptera, Lepidoptera, Diptera y Coleoptera. Mientras que, en el segundo muestreo los sitios con luz artificial tuvieron una mayor diversidad de presas que los sitios sin luz, como resultado del efecto que el incremento de humedad (provocado por la lluvia) tiene sobre sus ciclos biológicos (Wolda, 1978; Tauber *et al.*, 1986). A pesar de la diferencia en cuanto a la diversidad de artrópodos entre muestreos, cabe destacar que su disponibilidad fue mayor en un 93 % y un 97 % al disponible en la condición sin luz, antes y después de la estación de lluvias, respectivamente. Esta diferencia en composición y cantidad de artrópodos, según la condición, puede deberse en gran medida, al efecto que las luces artificiales tienen sobre el comportamiento de muchos artrópodos, ocasionando la aparición del llamado nicho de luz nocturna (Rich y Longcore, 2006, Longcore y Rich, 2004, MacGregor *et al.*, 2017).

10.5 Dieta

La dieta de *H. frenatus* estuvo compuesta por 10 órdenes de insectos. La dieta de esta especie no mostro diferencias significativas entre muestreos, no obstante las diferencias están representadas entre sitios (con iluminación artificial y sin iluminación artificial) en ambos muestreos. Esta especie es considerada un depredador generalista, con dieta variable según la zona dónde se encuentra (Díaz-Pérez *et al.*, 2017). A lo largo de su distribución geográfica consume alrededor de 12 órdenes diferentes de artrópodos, la mayoría insectos (Tyler, 1961; Galina-Tessaro *et al.*, 1999; Newbery y Jones, 2007; Díaz-Pérez *et al.*, 2012; Tkaczenko *et al.*, 2014; Villegas-Renata *et al.*, 2016; Díaz *et al.*, 2017); por lo que, algunos autores lo consideran dentro de los depredadores oportunistas. Sin embargo, Simon y Toft (1991), enfatizan la importancia de medir la disponibilidad de recursos alimentarios en el ambiente con la intención de determinar si una especie es realmente oportunista. Partiendo de esto, en el presente estudio, *H. frenatus* tuvo un comportamiento más especialista, particularmente en la condición con luz artificial. Los individuos no mostraron un comportamiento oportunista, ya que en ambas condiciones consumieron una mayor cantidad de lepidópteros de los disponibles en el ambiente.

Tkaczenko *et al.* (2014) evaluaron la preferencia alimentaria de *H. frenatus* en la provincia de Kamphaeng Phet, Tailandia, y encontraron que la especie mostró mayor preferencia por el orden Lepidoptera. Los autores atribuyen esta preferencia a la

consistencia blanda de este tipo de insecto y a los tamaños relativamente grandes de los individuos.

A pesar de que el orden Hemiptera fue más abundante en los sitios con luz, no fue el más consumido por *H. frenatus*, a diferencia de lo reportado en otras localidades, donde los hemípteros han sido una de las presas más consumidas por esta especie de gecko (Díaz-Pérez *et al.*, 2012; Tkaczenko *et al.*, 2014; Díaz-Pérez *et al.*, 2017). Es preciso mencionar que, hasta el momento, el único estudio de dieta sobre esta especie en México corresponde al realizado por Galina-Tessaro *et al.* (1999), en la isla Socorro, Colima. Estos autores también encontraron que la dieta de *H. frenatus* está conformada principalmente por lepidópteros.

En adición, aunque el orden Lepidoptera fue la categoría de alimento con mayor importancia relativa en ambas condiciones lumínicas, la dieta de *H. frenatus* difirió significativamente entre condiciones. En los sitios con luz artificial esta especie de gecko consumió únicamente cuatro órdenes distintos, mientras que en la condición sin luz artificial consumió siete tipos de presas. Sin embargo, el volumen de presas consumido en la condición con luz, en ambos muestreos, fue más del doble que en la condición sin luz. Esta disminución en el volumen de presas consumido puede deberse a la menor cantidad de presas disponibles en los sitios sin luz artificial, debido a la carencia de un atrayente, como lo son las luces artificiales. En este sentido, se ha reportado que, a mayor distancia de una fuente de luz artificial, el número de insectos agregados disminuye considerablemente (Petren *et al.*, 1993; MacGregor *et al.*, 2017).

Por otro lado, la dieta de *P. lanei* mostro diferencias significativas entre muestreos en la condición con luz. Esta estuvo compuesta por siete órdenes de artrópodos, y al igual que la dieta de *H. frenatus*, fue significativamente diferente en cada condición. Además, también fue significativamente diferente a la disponibilidad de presas en cada condición lumínica, en ambos muestreos, esto sugiere que *P. lanei* no es un depredador oportunista, como se ha reportado para otras especies del mismo género, que también evaluaron la disponibilidad de presas en el ambiente (Pérez y Balta, 2011), sino que presenta una tendencia hacia la especialización. En la condición con luz artificial, al igual que *H. frenatus*, el orden Lepidoptera presentó una mayor IIR en ambos muestreos. Mientras que, en los sitios sin iluminación artificial las presas con mayor IIR fueron arañas, hemípteros, coleópteros y lepidópteros.

Cabe mencionar que previamente no se había realizado ningún estudio de dieta para esta especie (García y Ceballos, 1994). Dixon (1961), analizó el contenido estomacal de varias especies de *Phyllodactylus* y encontró que consumen coleópteros, arañas, mariposas nocturnas, dípteros, termitas y hormigas, órdenes que también fueron encontrados en la dieta de *P. lanei* en el presente estudio. Esto podría ser resultado del conservadurismo de nicho (“tendencia de las especies a retener características ecológicas ancestrales”) (Wiens y Graham, 2005). Sin embargo, para corroborar esto se requiere de un análisis de la dieta que considere toda la distribución de la especie.

11. Conclusiones

La diferencia en el tamaño poblacional total del gecko exótico *H. frenatus* y del gecko nativo *P. lanei* en la Estación de Biología Chamela, previo a la estación de lluvias, fue el resultado de la competencia por el alimento, producto de una escasez de recursos y a la superioridad de *H. frenatus* para capturar las mejores presas.

Las densidades poblacionales de ambas especies de geckos fueron diferentes según la condición lumínica de los sitios estudiados. Como se esperaba, la densidad poblacional de *H. frenatus* fue mayor en los sitios con iluminación artificial, mientras que la densidad poblacional de *P. lanei* fue mayor en los sitios sin iluminación artificial. Estos resultados están relacionados con la capacidad de *H. frenatus* para explotar recursos alimentarios en ambientes antropizados.

La dieta de ambas especies no mostro diferencias significativas según la condición lumínica. En la condición con luz artificial ambas especies seleccionaron más lepidópteros, pero *H. frenatus* consumió los de mayor volumen, es decir, fue más exitoso al depredar el mismo tipo de presa.

La condición corporal de *P. lanei* no fue afectada, ya que tiende a aprovechar otros tipos de presas presentes en lugares alejados de las fuentes de luz artificial cuando la disponibilidad de presas es escasa, lo que permite la coexistencia de estas especies. Por lo que la presencia de *H. frenatus* en hábitats ocupados por *P. lanei* podría no llevar a la exclusión o extinción local de *P. lanei* en la región de Chamela.

12. Literatura citada

- Abarca, J. (2006). Gecos caseros (*Hemidactylus*): biología e impacto en Costa Rica. AMBIENTICO, 159: 2-6.
- Aguirre-Muñoz, A. R., Mendoza-Alfaro, R., Arredondo, H., Arriaga, L., Campos, E., Contreras, S., Gutiérrez, M. E., Espinosa, F. J., Fernández, I., Galaviz, L., García-de León, F., Lazcano, D., Martínez, M., Meave-del Castillo, M. E., Medellín, R. A., Naranjo, E., Olivera, M. T., Pérez, M., Rodríguez-Almaraz, G., Salgado, G., Samaniego, A., Suárez-Morales, E., Vibrans, H. y Zertuche, J. A. (2009). Especies exóticas invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía, en Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México, pp. 277-318.
- Amarasekare, P. (2003). Competitive coexistence in spatially structured environments: a synthesis. Ecology Letters, 6: 1109-11022.
- Ardia, D. R. (2005). Super size me: an experimental test of the factors affecting lipid content and the ability of residual body mass to predict lipid stores in nestling European Starlings. Functional Ecology, 19: 414-420.
- Argaez-Márquez, V. E. (2015). Selección sexual en un gradiente de urbanización en la lagartija del mezquite (*Sceloporus grammicus microlepidotus*). (Tesis de Maestría). Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F.
- Ballinger, R. E., Tinkle, D. W. (1979). On the costs of tail regeneration to body growth in lizards. Journal of Herpetology, 13: 374-375.

- Banks, P. B. y Smith, H. M. (2015). The ecological impacts of commensal species: black rats, *Rattus rattus*, at the urban-bushland interface. *Wildlife Research*, 42: 86-97.
- Bansal, R. y Karanth, K. P. (2010). Molecular phylogeny of *Hemidactylus* geckos (Squamata: Gekkonidae) of the Indian Subcontinent reveals a unique Indian radiation and an Indian origin of Asian house geckos. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 57: 459-465.
- Bañuelos-Alamillo, J.A., Carbajal-Márquez, R. A. y Trujillo de la Torre, I. Y. (2016). *Hemidactylus frenatus*. *Mesoamerican Herpetology*, 3: 180-181.
- Berriozabal-Islas, C., Badillo-Saldaña, L. M., Ramírez-Bautista, A. y Moreno, C. E. (2017). Effects of habitat disturbance on lizard functional diversity in a tropical dry forest of the Pacific Coast of Mexico. *Tropical Conservation Science*, 10: 1-11.
- Bolger, D. T. y Case, T. J. (1992). Intra-and interspecific interference behavior among sexual and asexual geckos. *Animal Behavior*, 44: 21-30.
- Bonfiglio, F., Balestrin, R. L. y Cappellari, L. H. (2006). Diet of *Hemidactylus mabouia* (Sauria, Gekkonidae) in urban area of Southern Brazil. *Biociencias*, 14: 107-111.
- Borror, D. J. y DeLong, D. M. (2005). Introduction to the study of insects. 7° edición. Thomson, Brooks/Cole. Estados Unidos de América.
- Brockelman, L. W. (1975). Competition, the fitness of offspring, and optimal clutch size. *The American Naturalist*, 190 (970): 677-699.
- Brown, S. G., Lebrun, R., Yamasaki, J. and Ishii-Thoene, D. (2002). Indirect competition between a resident unisexual and an invading bisexual gecko. *Behaviour*, 139: 1161-1173.

- Buñuelos-Alamillo, J. A., Trujillo-De la Torre, I. Y., Quintero-Díaz, G. E. y Carbajal-Márquez, R. A. (2017). The Lane's Leaf-toed Gecko, *Phyllodactylus lanei* Smith, 1935: a new state record for Zacatecas, México. *Herpetology Notes*, 10: 669-671.
- Byers, J. E. (2000). Competition between two estuarine snails: implications for invasions of exotic species. *Ecology*, 81: 1225-1239.
- Cabrera-Dávila, G. y López-Bello, M. (2013). Aspectos de la taxonomía, distribución y biología de las termitas (Insecta: Isoptera) del centro histórico de La Habana, Cuba. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A)*, 53: 253-258
- Callaway, R. M. y Ridenour, W. M. (2004). Novel weapons: invasive success and the evolution of increased competitive ability. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2: 436-443.
- Carranza, S., Arnold, E. N. (2006). Systematics, biogeography, and evolution of *Hemidactylus frenatus* (Reptilia: Gekkonidae) elucidated using mitochondrial DNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 38: 531-545.
- Carbajal-Márquez, R. A. y Quintero-Díaz, G. E. (2016). The herpetofauna of Aguascalientes, México. *Revista Mexicana de Herpetología*, 2(1): 1-30.
- Casas-Andreu, G. (1982). Anfibios y reptiles de la costa suroeste del estado de Jalisco, con aspectos sobre su ecología y biogeografía. (Tesis de Doctorado). Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F.
- Case, T. J. y Bolger, D. T. (1991). The role of introduced species in shaping the distribution and abundance of island reptiles. *Evolutionary Ecology*, 5, 272:290.
- Case, T. J., Bolger, D. T. y Petren, K. (1994). Invasion and competitive displacement among house geckos in the Tropical Pacific. *Ecology*, 75: 464-477.

- Castro-Franco, R. y Gaviño, G. (1990). Reptiles de la isla La Peña, Nayarit, México. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Zoología, 61: 175–187.
- Clark, J. M., Heath, D. D. y Stankiewicz, M. (1997). The ectoparasites of brushtail possum *Trichosurus vulpecula* in New Zealand. New Zealand Journal of Zoology, 24: 199-204.
- Clavero, M., García-Berthou, E. (2005). Invasive species are a leading cause of animal extinctions. Trends in Ecology & Evolution, 20: 110-110.
- Cogger, H. G. (2014). Reptiles & Amphibians of Australia. 7° Edición. CSIRO Publishing.
- Cole, N. C., Jones, C. G. and Harris, S. (2005). The need for enemy-free space: The impact of an invasive gecko on island endemics. Biological Conservation, 125: 467-474.
- Cooper, R. J. y Whitmore, R. C. (1990). Arthropod sampling methods in ornithology. Studies in Avian Biology, 13: 29-37.
- Damuth, J. (1981). Population density and body size in mammals. Nature, 290: 699-700.
- Díaz-Pérez, J. A., Dávila Suárez, J. A., Álvarez García, D. M. & Sampedro Marín, A. C. (2012). Diet of *Hemidactylus frenatus* (Sauria: Gekkonidae) in an urban area of Colombian Caribbean region. Acta Zoológica Mexicana (n. s.), 28: 613-616.

- Díaz-Pérez, J. A., Sampedro-Marín, A. C. y Ramírez-Pinilla, M. P. (2017). Actividad reproductiva y dieta de *Hemidactylus frenatus* (Sauria: Gekkonidae) en el norte de Colombia. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 57 (36): 459-472.
- Dixon, J. R. (1961). The systematics and zoogeography of the North and Central American lizards of the genus *Phyllodactylus*. Submitted to the Graduate School of the Agricultural and Mechanical College of Texas.
- Dudek, K., Sajkowska, Z., Gawalek, M. y Ekner-Grzyb. (2015). Using body condition index can be an unreliable indicator of fitness: a case of sand lizard *Lacerta agilis* Linnaeus, 1758 (Sauria: Lacertidae). *Turkish Journal of Zoology*, 39: 182-184.
- Dunham, A. E. (1983). Realized niche overlap, resources abundance, and intensity of interspecific competition. En: Huey, R., Pianka, E. y Schonener, T. 1983. *Lizard Ecology: studies of a model organism*. Pp. 261-280. Harvard University Press.
- Ehmann, H. (2000). Microbranding: a low impact permanent marking technique for small reptiles and frogs as an alternative to toe clipping. *ANZCCART News*, 13: 6-7.
- Eisenbeis, G., y Hänel, A. (2009). Light pollution and the impact of artificial night lighting on insects. En: McDonnell, M., Hahs, A. y Brueste, J. (eds.). *Ecology of cities and towns: a comparative approach*. Pp. 243-263. Cambridge University Press, New York, New York, USA.
- Farr, W. L. (2011). Distribution of *Hemidactylus frenatus* in Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 56: 265-273.
- Farr, W. L., Lazcano, D. y Lavín Mauricio P. A. (2009). New distributional records for amphibians and reptiles from the state of Tamaulipas, Mexico II. *Herpetological Review*, 40(4): 459-467.

- Frogner, K. L. (1967). Some aspects of the interaction between the gecko species *Hemidactylus frenatus* and *Lepidodactylus lugubris* in Hawaii. Thesis. University of Hawaii, Honolulu, Hawaii, USA.
- Galina-Tessaro, P., Ortega-Rubio, A., Alvarez-Cárdenas, S. y Arnaud, G. (1999). Colonization of Socorro Island (Mexico), by the tropical house gecko *Hemidactylus frenatus* (squamata: Gekkonidae). *Revista de Biología Tropical*, 47: 237-238.
- García, A. y Ceballos, G. (1994). Guía de campo de los reptiles y anfibios de la Costa de Jalisco, México. Fundación de Ecología de Cuixmala, A.C. Instituto de Biología, UNAM. México, DF.
- Gause, G. F. (1934). *The struggle for existence: a classic of mathematical biology and ecology*. Courier Dover Publications.
- Gould, S. (1975). Allometry in primates, with emphasis on scaling and evolution of the brain. En: Szalay, F. S. (ed.). *Approaches to primate paleobiology*. Pp. 244-292. Karger, Basel.
- Guillot, C. (2005). *Entomology*. Tercera edición. Dordrecht.
- Hanley, K. A., Vollmer, D. M. and Case, T. J. (1995). The distribution and prevalence of helminths, coccidia and blood parasites in two competing species of gecko: implications for apparent competition. *Oecologia*, 102: 220-229.
- Hayes, J. P. y Shonkwiler, J. S. (2001). Morphometrics indicators of body condition: worthwhile or wishful thinking?, En: Speakman J. R. (ed.). *Body composition analysis of animals: a hand book of non destructive methods*. Pp. 8-38. Cambridge University Press. U.K.

- Hierro, J. L., Maron, J. L. y Callaway, R. M. (2005). A biogeographical approach to plant invasions: the importance of studying exotics in their introduced and native range. *Journal of ecology*, 93: 5-15.
- Hódar, J. A., Pleguezuelos, J. M., Villafranca, C. y Fernández-Cardenete, J. R. (2006). Foraging mode of the Moorish gecko *Tarentola mauritanica* in an arid environment: inferences from abiotic setting, prey availability and dietary composition. *Journal of Arid Environments*, 65: 83-93.
- Holway, D. A. (1999). Competitive mechanisms underlying the displacement of native ants by the invasive Argentine ant. *Ecology*, 80: 238-251.
- Hoogmoed, M. S. (1989). Introduced geckos in Puerto Ayora, Santa Cruz, with remarks on other areas. *Noticias de Galapagos*, 47: 12-16.
- Hoskin, C. J. (2011). The invasion and potential impact of the Asian House Gecko (*Hemidactylus frenatus*) in Australia. *Austral Ecology*, 36: 240-251.
- Hufbauer, R. y Torchin, M. (2007). Integrating ecological and evolutionary theory of biological invasions. En: W Nentwig (ed.). *Biological invasions: ecological studies* 193. Pp. 79-96. Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- Hughes, D. F., Meshaka, W. E. Jr. y Van Buurt, G. (2015). The superior colonizing gecko *Hemidactylus mabouia* on Caraçao: conservation implications for the native gecko *Phyllodactylus martini*. *Journal of herpetology*, 49: 60-63.
- Hunsaker, D. H. y Breese, P. (1967). Herpetofauna of the Hawaii Islands. *Pacific Science*, 21: 423-428.
- Hurlbert, H. S. (1978). The measurement of niche overlap and some relatives. *Ecology*, 59: 67-77.

- Jackson, K. y Blackburn, D. C. (2007). The amphibians and reptiles of Nouabale-Ndoki National Park, Republic of Congo (Brazzaville). *Salamandra*, 43(3): 149-164.
- Jakob, E. M., Marshall, S. D. y Uetz, G. W. (1996). Estimating fitness: a comparison of body condition indices. *Oikos*, 77: 61-67.
- Kraus, F. (2009). Alien reptiles and amphibians: a scientific compendium and analysis (Vol. 4). Springer Science & Business Media B. V.
- Krebs, C. J., (1999). *Ecological Methodology*. Segunda edición. Addison-Welsey Publishers, Inc., Menlo Park, CA.
- Krebs, J. R., Ryan, J. C. y Charnov, E.L., (1974). Hunting by expectation or optimal foraging a study of patch use by chickadees. *Animal Behaviour*, 22: 953-964.
- Levine, J. M., Adler, P. B. y Yelenik, S. G. (2004). A meta-analysis of biotic resistance to exotic plant invasions. *Ecology letters*, 7: 975-989.
- Levins, R. (1968). *Evolution in changing environments: some theoretical explorations*. Princeton University Press. Princeton, New Jersey.
- Lévy, E. (1992). *Diccionario Akal de física*. Madrid, España. Ediciones Akal, S. A.
- Longcore, T. y Rich, C. (2004). Ecological light pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2: 191-198.
- MacGregor, C. L., Evans, D. M., Fox, R. y Pocock, M. J. O. 2017. The dark side of street lighting: impacts on moths and evidence for the disruption of nocturnal pollen transport. *Global Change Biology*, 23: 697-707.
- Maginnis, T. L. (2006). The cost of autotomy and regeneration in animals: a review and framework for future research. *Behavioral Ecology*, 17: 857-872.

- Magnuson, W. E., Lima, A. P., Alves da Silva, W. y Araujo, M. (2003). Use of geometric forms to estimate volume of invertebrates in ecological studies of dietary overlap. *Copeia*, 1: 13-19.
- Marquet, P. A., Bozinovic, F., Medel, R. G., Werner, Y. L. y Jaksic, F. M. (1990). Ecology of *Garthia gaudichaudi*, a Gecko endemic to the semiarid region of Chile. *Journal of Herpetology*, 24: 431-434.
- Mata-Silva, V., Johnson, J. D. y Ramírez-Bautista, A. (2013). Comparison of diets of two syntopic lizards, *Aspidocelis marmorata* and *Aspidoscelis tessellata* (Teiidae), from the northern Chihuahua desert of Texas. *The Southwestern Naturalist*, 58: 209-215.
- McCranie, J. R., Wilson, L. D. y Kohler, G. (2005). Amphibians and reptiles of the Bay Islands and Cayo Cochinos, Honduras. *Bibliomania*, Salt Lake City. Pp. 210.
- Medina-Aguilar, O., Alvarado-Díaz, J. y Suazo-Ortuño, I. (2011). Herpetofauna de Tacámbaro, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82: 1194-1202.
- Meshaka, W. E. Jr. (2000). Colonization dynamics of two exotic geckos (*Hemidactylus garnotii* and *H. mabouia*) in Everglades National Park. *Journal of Herpetology*, 34: 163-168.
- Meshaka, W. E. Jr. (2011). A runaway train in the making: the exotic amphibians, reptiles, turtles, and crocodylians of Florida. Monograph 1. *Herpetological Conservation Biology*, 6: 1-101.

- Meshaka, W. E. Jr., Butterfield, B. P. y Hauge, J. B. (1994). *Hemidactylus mabouia* as an established member of the Florida herpetofauna. *Herpetological Review*, 25: 80-81.
- Mooney, H. A. y Cleland, E. E. (2001). The evolutionary impact of invasive species. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98: 5446-5451.
- Naher, K., Sarowar, A. B. M., Rahman, S. y Kabir, Md. M. (2013). Gut contents of common house gecko, *Hemidactylus frenatus* (Schelegel, 1836) in Jahangirnagar University campus, Savar, Bangladesh. *Bangladesh Journal Zoology*, 41(2): 229-232.
- Newbery, B. Dawson, P., y Jones, D. N. (2005). Density of Asian house geckos *Hemidactylus frenatus* within suburban Brisbane. *The Queensland Naturalist*, 43: 8-13.
- Newbery, B. y Jones, D. N. (2007). Presence of Asian House Gecko *Hemidactylus frenatus* across an urban gradient in Brisbane: influence of habitat and potential for impact on native gecko species. En: *Pest or Guest: the zoology of overabundance*. Pp. 59-65. Royal Zoological Society of New South Wales, Mosman.
- Noguera, F. A., Vega-Rivera, J. H., García-Aldrete, A. N. y Quesada-Avendaño, M. (2002). *Historia natural de Chamela*. Instituto de Biología UNAM.
- Olden, J. D. (2008). Biotic homogenization. In: *Encyclopedia of life Sciences (ELS)*. John Wiley y Sons, Ltd: Chichester.
- Peig, J. y Green, A. J. (2009). New perspectives for estimating body condition from mass/length data: the scaled mass index as an alternative method. *Oikos*, 118: 1883-1891.

- Pérez, J. Z. y Balta, K. (2011). Ecología de *Phyllodactylus angustidigitus* y *P. gerrhopygus* (Squamata: Phyllodactylidae) de la Reserva Nacional de Paracas, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 18(2): 217-223.
- Perry, G. y Fisher, R. N. (2006). Night lights and reptiles: observed and potential effects. En: Rich, C. y Longcore, T. (eds.). *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*. Pp. 169-191. Island Press, Washington, DC.
- Petren, K., Bolger, D. T., y Case, T. J. (1993). Mechanisms in the competitive success of an invading sexual gecko over an asexual native. *Science*, 259: 354-358.
- Petren, K. y Case, T. J. (1996). An experimental demonstration of exploitation competition in an ongoing invasion. *Ecology*, 77: 118-132.
- Petren, K. y Case, T. J. (1998). Habitat structure determines competition intensity and invasion success in gecko lizards. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95: 11739-11744.
- Pianka, E.R. (1973). The structure of lizard communities. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4: 53–74.
- Pianka, E. R. (2011). *Evolutionary ecology*. Séptima edición-eBook.
- Pinkas, L. Oliphant, M. S. e Iverson, I. L. K. (1971). Food habits of albacore, Bluefin tuna, and bonito in California Waters. *Fish Bulletin*, 152: 1-105.
- Powell, R. (2003). Species profile: Utila's reptiles. *Iguana*, 10(2): 36-38.
- Pyke, G. H. (2010). Optimal foraging theory: an introduction. *Encyclopedia of Animal Behaviour*, 2: 111-116.

- Ramírez-Bautista, A. (1994). Manual y claves ilustradas de los anfibios y reptiles de la región de Chamela, Jalisco, México. Serie Cuadernos, N° 23. Instituto de Biología, UNAM. México, D. F.
- Ramírez-Bautista, A., Cruz-Elizalde, R., Hernández-Salinas, U., Lozano, A., y Grummer, J. A. (2017). Reproductive trait variation in the *Sceloporus scalaris* species group (Squamata: Phrynosomatidae) from the Transcolcanic Belt, México. *Biological Journal of the Linnean Society*, 122: 838-849.
- Ramírez-Bautista, A., Hernández-Salinas, U. y Leyte-Manrique, A. (2006). *Hemidactylus frenatus* (Common house gecko). Reproduction. *Herpetological Review*, 37: 85-86.
- Ramírez-Sandoval, E., Ramírez-Bautista, A. y Vitt, L. J. (2006). Reproduction in the lizard *Phyllodactylus lanei* (Squamata: Gekkonidae) from the Pacific coast of México. *COPEIA*, 1: 1-9.
- Ramírez-Reyes, T. (2017). Los sorprendentes geckos de México: maravillas de la evolución. CONABIO. *Biodiversitas*, 130: 1-6. México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86: 541-545.
- Reinhart, K. O. y Callaway, R. M. (2004). Soil biota facilitate exotic *Acer* invasions in Europe and North America. *Ecological Applications*, 146: 1737-1745.
- Rich, C. y Longcore, T. (eds) (2006). *Ecological Consequences of artificial night lighting*. Island Press, Washington.
- Roché, C. T., Roche Jr, B. F. y Chapman, R. C. (1994). Impacts of Grassland Habitat on Yellow Starthistle (*Centaurea solstitialis* L.) Invasion. *Northwest Science*, 68: 86-96.

- Rödger, D., Solé, M. y Böhme, W. (2008) Predicting the potential distributions of two alien invasive house geckos (Gekkonidae: *Hemidactylus frenatus*, *Hemidactylus mabouia*). North-Western Journal of Zoology, 4: 236-246.
- Sabath, M. D. (1981). Gekkonid lizards of Guam, Mariana Islands: Reproduction and habitat preference. Journal of Herpetology, 15(1): 71-75.
- Sax, D. F. y Brown, J. H. (2000). The paradox of invasion. Global Ecology and Biogeography, 9: 363-371.
- Schulte-Hostedde, A. I., Zinner, B., Millar, J. S. y Hickling, G. (2005). Restitution of mass-size residuals: validating body condition indices. Ecology, 86: 155-163.
- Shine, C., Williams, N. y Gündling, L. (2000). A guide to designing legal and institutional frameworks on alien invasive species. UICN, Gland, Switzerland Cambridge and Bonn.
- Simberloff, D. y Von Holle, B. (1999). Positive interactions of nonindigenous species: invasional meltdown? Biological invasions, 1: 21-32.
- Simon, M. P. y Toft, C. A. (1991). Diet specialization in small vertebrates: mite-eating in frogs. Oikos, 61: 263-278.
- Sproston, A., Glor, R. E., Hartley, L. M., Censky, E. J., Powell, R. y Jr. Parmerlee, J. S. (1999). Niche differences among three sympatric species of *Ameiva* (Reptilia: Teiidae) on Hispaniola. Journal of Herpetology, 33(1): 131-136.
- Stephens, D. W., Krebs, J. R. (1986). Foraging Theory. Princeton University Press, Princeton, N. J.
- Svensson, E. I. Sinervo, B. (200). Experimental excursions on adaptive landscapes: density-dependent selection on egg size, 54(4): 1396-1403.

- Svensson, E. I. y Sinervo, B. (2004). Spatial scale and temporal component of selection in side-bloched lizards. *The American Naturalist*, 163(5): 726-734.
- Tauber, M. J., Tauber, C. A. y Masaki, S. (1986). *Seasonal Adaptations of Insects*. Oxford University Press.
- Tkaczenko, G. K., Fisher, A. C. y Weterings, R. (2014). Prey preference of common House Geckos *Hemidactylus frenatus* and *Hemidactylus platyurus*. *Herpetology notes*, 7: 483-488.
- Tyler, M. J. (1961). On the diet and feeding habits of *Hemidactylus frenatus* (Dumeril and Bibron) (Reptilia; Gekkonidae) at Rangoon, Burma. *The Transactions of the Royal Society of South Australia*, 84: 45-49.
- Tonione, M. A., Reeder, N. y Moritz, C. C. (2011). High genetic density despite the potential for Stepping-Stone colonizations in an invasive species of gecko on Moorea, French Polynesia. *PLoS ONE*, 6: e26874.
- Torchin, M. E. y Mitchell, C. E. (2004). Parasites, pathogens, and invasions by plants and animals. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2:183-190.
- Uller, T. y Olsson, M. (2010). Offspring size timing of hatching determine survival and reproductive output in a lizard. *Oecologia*, 162(3): 663-671.
- Valdez-Villavicencio, J. H. y Peralta-García, A. (2008). *Hemidactylus frenatus* (Sauria: Gekkonidae) en el noroeste de México. *Acta Zoológica Mexicana*, 24: 229-230.
- Vanhooydonck, B., Herrel, A. y Van Damme, R. (2007). Interactions between habitat use, behavior, and the trophic niche of lacertid lizards. En. *Lizard Ecology: The*

- evolutionary consequences of foraging mode. Reilly, S. M., McBrayer, L. D. y Miles, D. B. (eds.). Cambridge University Press, New York.
- Van Buurt. (2006). Conservation of amphibians and reptiles in Aruba, Curaçao, and Bonaire. *Applied Herpetology*, 3:307–321.
- Van Buurt. (2010). A short natural history of Curaçao. En: N. Faraclas, R. Severing, C. Weijer, and E. Echteld (eds.). *Crossing Shifting Boundaries, Language and Changing Political status in Aruba, Bonaire and Curaçao*. Actas de la conferencia ECICC, Dominica 2009, Volumen I, pp. 229–256. Fundashon pa Planif ikashon di Idioma (FPI) and University of the Netherland Antilles, Curaçao.
- Venegas, P. J., Pradel, R. Ortiz, H. y Ríos, L. (2017). Geographic range extension for the critically endangered leaf-toed gecko *Phyllodactylus sentosus* Dixon and Huey, 1970 in Peru, and notes on its natural history and conservation status. *Herpetology Notes*, 10: 499-505.
- Villegas-Renata, S. A., Picado-Rossi, A. y Durán-Apuy, A. (2016). Alimentación de la lagartija *Hemidactylus frenatus* (Squamata:Gekkonidae) en el Parque Nacional Isla del Coco, Costa Rica. *Cuadernos de investigación UNED*, 8(1): 99-101.
- Vivanco, J. M., Bais, H. P., Stermitz, F. R., Thelen, G. C. y Callaway, R. M. (2004). Biogeographical variation in community response to root allelochemistry: novel weapons and exotic invasion. *Ecology Letters*, 7: 285-292.
- Wiens, J. J. y Graham, C. H. (2005). Niche conservatism: integrating evolution, ecology, and conservation biology. *Annual Review of Ecology Evolution, and Systematics*, 36: 519-539.

- Williams, R., Pernetta, A. P. y Horrocks, J. A. (2016). Outcompeted by an invader? Interference and exploitative competition between tropical house gecko (*Hemidactylus mabouia*) and Barbados leaf-toed gecko (*Phyllodactylus pulcher*) for diurnal refuges in anthropogenic coastal habitats. *Integrative Zoology*, 11: 229-238.
- Yang, D., González-Bernal, E., Greenlees, M. y Shine, R. (2012). Interactions between native and invasive gecko lizards in tropical Australia. *Austral Ecology*, 37: 592-599.
- Zar, J. H. (2010). *Biostatistical Analysis*. Quinta edición. Prentice Hall, Upper Saddle River.

ANEXO 1. Sistema de marcaje.

Las cicatrices se colocaron en la parte ventral de las extremidades de los geckos. En este sistema de marcaje se utilizaron los números del uno al ocho, su ubicación en cada una de las extremidades determinó el valor de estos (unidades, decenas y centenas). Los primeros cuatro números se colocaron en cuatro segmentos de las extremidades anteriores: 1 – antebrazo derecho, 2 – brazo derecho, 3 – brazo izquierdo y 4 – antebrazo izquierdo. Los siguientes cuatro números se colocaron en los cuatro segmentos de las extremidades posteriores: 5 – pantorrilla derecha, 6 – pierna derecha, 7 – pierna izquierda, 8 – pantorrilla izquierda. Para determinar la posición de los dígitos cada segmento se dividió en tres secciones: la cicatriz correspondiente a las centenas se ubicó cercana a la articulación central de cada extremidad (rodilla o codo), la cicatriz correspondiente a las decenas se ubicó en el centro del segmento y la cicatriz correspondiente a las unidades se colocó en la parte más distal de la articulación central de la extremidad (Argaez-Márquez, 2015), (Fig. 6).

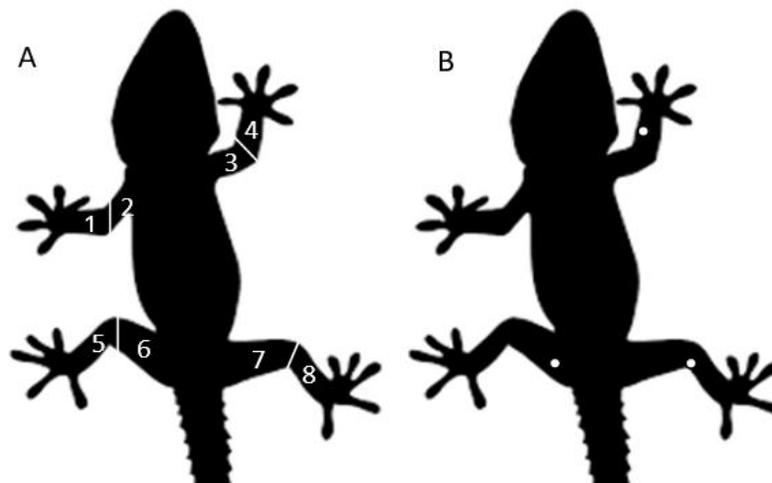


Figura 6. Sistema de marcaje, vista ventral. A) Señalización de los ocho segmentos en cada extremidad. B) Ejemplo del individuo número 846.



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

ACTA DE EXAMEN DE GRADO

No. 00209

Matrícula: 2192802343

Efecto de la iluminación artificial sobre la densidad poblacional y condición corporal del gecko exótico *Hemidactylus frenatus* y del gecko endémico *Phyllodactylus lanei* en la Estación de Biología Chamela, Jalisco, México

En la Ciudad de México, se presentaron a las 12:00 horas del día 11 del mes de mayo del año 2022 en la Unidad Iztapalapa de la Universidad Autónoma Metropolitana, los suscritos miembros del jurado:

DRA. ELISA CABRERA GUZMAN
DR. RACIEL CRUZ ELIZALDE
DR. URIEL HERNANDEZ SALINAS
DR. AARON GARCIA ROSALES



MARIA MAGDALENA ROJAS GARCIA
ALUMNA

Bajo la Presidencia de la primera y con carácter de Secretario el último, se reunieron para proceder al Examen de Grado cuya denominación aparece al margen, para la obtención del grado de:

MAESTRA EN BIOLOGIA

DE: MARIA MAGDALENA ROJAS GARCIA

y de acuerdo con el artículo 78 fracción III del Reglamento de Estudios Superiores de la Universidad Autónoma Metropolitana, los miembros del jurado resolvieron:

aprobar

REVISÓ

MTRA. ROSALVA SERRANO DE LA PAZ
DIRECTORA DE SISTEMAS ESCOLARES

Acto continuo, la presidenta del jurado comunicó a la interesada el resultado de la evaluación y, en caso aprobatorio, le fue tomada la protesta.

DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CBS

DR. JOSE LUIS GOMEZ OLIVARES

PRESIDENTA

DRA. ELISA CABRERA GUZMAN

VOCAL

DR. RACIEL CRUZ ELIZALDE

VOCAL

DR. URIEL HERNANDEZ SALINAS

SECRETARIO

DR. AARON GARCIA ROSALES