



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**Estructura de la comunidad de artrópodos ectoparásitos en tlacuaches (*Didelphis virginiana*) en tres localidades con distinto nivel de urbanización en Ciudad Universitaria, Ciudad de México, México**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**Bióloga**

**P R E S E N T A:**

**Gabriela Valeria Carrillo González**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**Dr. Zenón Cano Santana**

**Ciudad Universitaria, Cd. Mx**

**2024**





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

*A Erika González Ponce y Gabriel Carrillo Gómez*

## ÍNDICE

RESUMEN .....	7
1. INTRODUCCIÓN .....	10
2. JUSTIFICACIÓN .....	14
3. OBJETIVO E HIPÓTESIS .....	16
4. MATERIALES Y MÉTODOS .....	18
4.1. Zona de estudio .....	18
4.2. Selección de sitios .....	19
4.3. Especie de estudio .....	20
4.4. Captura y revisión de tlacuaches .....	21
4.5. Identificación .....	24
4.6. Severidad, intensidad y prevalencia .....	25
4.7. Análisis de datos .....	26
5. RESULTADOS .....	29
5.1. Huéspedes capturados y fauna epizoica .....	29
5.2. Severidad, intensidad y prevalencia estimada .....	30
5.3. Distribución corporal de artrópodos epizoicos y las relaciones de nicho .....	39
6. DISCUSIÓN .....	44
6.1. Efectos de la urbanización .....	44
6.2. Rasgos del huésped que afectan la severidad e intensidad de ectoparásitos .....	46
6.3. Uso de diferentes zonas corporales por ectoparásitos .....	48
6.4. Relaciones de nicho .....	50
6.5. Artrópodos epizoicos registrados .....	51
6.6. La importancia de ser generalista .....	56
6.7. Discrepancia en la identificación de la garrapata <i>Ixodes</i> .....	57
6.8. Riesgo sanitario .....	58
6.9. Afectaciones de la pandemia por SARS-COV-2 (Covid-19) .....	61
7. CONCLUSIONES .....	63
REFERENCIAS .....	65
ANEXO 1 .....	83
ANEXO 2 .....	84
ANEXO 3 .....	86

## AGRADECIMIENTOS ACADÉMICOS

Esta tesis fue financiada por el Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la UNAM a través del proyecto PAPIIT clave IN212121 “El efecto de la urbanización sobre el tlacuache *Didelphis virginiana* en un matorral xerófilo de la Ciudad de México”, otorgado al Dr. Zenón Cano-Santana. Asimismo, se gozó de una beca para conclusión de estudios por parte del mismo proyecto PAPIIT IN212121.

Agradezco a mi tutor, el Dr. Zenón Cano Santana, por haberme brindado oportunidades para mi crecimiento profesional, que además me permitió conocerlo más allá de la parte académica. Muchas gracias por su paciencia y apoyo. Es un honor ser parte de este proyecto.

Agradezco a mi cotutor extraoficial, el M. en Ciencias Yury Glebskiy, por haber sido mi mentor en campo, enseñarme a hacer el manejo con los tlacuaches y por la paciencia a lo largo de este trabajo.

Agradezco a los siguientes profesionales por compartir su conocimiento conmigo. Su contribución en este trabajo para la identificación de especímenes fue fundamental: Dra. Roxana Acosta Gutiérrez, Dra. Carmen Guzmán Cornejo, Dra. Blanca Estela Mejía Recamier y Dr. Ignacio Mauro Vázquez Rojas.

Agradezco a la M. en C. Ariana Romero Mata por sus asesorías y revisiones.

Agradezco al M. en C. Iván Castellanos Vargas por su apoyo técnico.

Agradezco a mis compañeros que me ayudaron a realizar el trabajo en campo: María Elizabeth Zapata Díaz, Andrea López Saldívar, Jetzael Antonio Vargas Sánchez, Aldo Jesús Martínez González, Artemisa Miranda Mondragón, Ivonne Flores Morales, Vanessa

de la Cruz Rico, Marco Aburto y, por último, pero no menos importante, a mi mamá, Erika González Ponce, por aventurarse a acompañarme a realizar este muestreo.

Agradezco a Marco Antonio Romero-Romero por su contribución a la mejora de este trabajo en la verificación de la literatura usada y en la estética de presentar los datos.

Agradezco al Instituto de Diagnóstico y Referencia Epidemiológico (InDRE) y a la Biól. Beatriz Salceda Sánchez por permitirme comparar ejemplares de ectoparásitos y por el proceso molecular para poder secuenciar ADN y llegar a nivel especie de uno de los ectoparásitos recolectados en este proyecto.

**AGRADECIMIENTOS PERSONALES**

A mis padres. A mi mamá, por ser mi compañera de vida en estos 23 años de vida. Por ser mi cómplice y mi soporte; porque, cuando no estoy bien, ella es la primera en saberlo y ni siquiera es necesario que yo se lo diga. ¡Qué afortunada soy de tenerte! Nadie como tú, má. Mamá: gracias por permitirme vivir. Te amo. A mi papá, por decirme que yo puedo con todo y por brindarme herramientas para vivir mejor. Gracias por todo tu cariño, por todas las veces que me haces sentir amada. Te amo. Gracias a los dos por ser mis padres.

A toda mi familia, que sin duda son parte crucial de mi formación personal e incluso académica. Gracias por su cariño.

A mi abuela Martha y mi abuelo Moisés, quienes de manera física no están con nosotros los vivos, pero de mente y corazón sí lo están.

A mi novio, Ignacio. Gracias por todo tu amor y cariño.

A la Facultad de Ciencias, por haber formado parte de esta etapa tan importante de mi vida.

*Cita sugerida:* Carrillo-González, G.V. (2023). Estructura de la comunidad de artrópodos ectoparásitos en tlacuaches (*Didelphis virginiana*) en tres localidades con distinto nivel de urbanización en Ciudad Universitaria, Ciudad de México, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 87 pp.

## RESUMEN

Muchas especies silvestres son desplazadas de sus hábitats naturales debido al crecimiento de las ciudades. Este es el caso del tlacuache común, *Didelphis virginiana*, que actualmente es considerado un habitante urbano capaz de alterar las comunidades de ectoparásitos establecidas tanto en zonas urbanizadas como no urbanizadas, lo que ocasiona un incremento o descenso de vectores ectoparásitos. Este trabajo busca conocer la estructura de comunidades de ectoparásitos en los tlacuaches en tres sitios con distinto grado de urbanización (REPSA: urbanización baja, ZIIH: urbanización media y FC: urbanización alta) dentro del campus de Ciudad Universitaria, UNAM, Ciudad de México. Para ello, se usaron 10 trampas de caída en cada sitio y en total se realizó un esfuerzo de muestreo de 390 noches trampa durante un período de mayo-julio y septiembre-diciembre de 2021 (período que corresponde a una temporada de baja movilidad humana debido a la pandemia por la COVID-19). A los tlacuaches capturados, se les contaron y colectaron ectoparásitos para poder calcular la severidad, intensidad y prevalencia de la infestación. También se les registró peso, edad y el porcentaje de área de la dentadura cubierta por sarro, así como la posición de los ectoparásitos en el cuerpo de cada tlacuache y antes de liberarlos éstos fueron marcados con azul de metileno para identificar recapturas. Se lograron 49 capturas y recapturas correspondientes a 34 tlacuaches, de los cuales 18 se capturaron en la REPSA, 15 en la ZIIH y uno en la FC. Se

encontró que el 78.0% de los especímenes capturados y recapturados en Ciudad Universitaria estuvieron infestados por ectoparásitos (80.0% en ZIIH, 68.1% en REPSA y el único ejemplar capturado en FC registró cuatro ectoparásitos). Se identificaron tres especies de pulgas (*Ctenocephalides felis*, *Echidnophaga gallinacea* y *Plusaetis sibynus*), una garrapata (*Ixodes* pos. *tancitarius*) y un ectosimbionte (una deutoninfa de un ácaro forético no identificado de la familia Parasitidae). Se obtuvo que la severidad y la intensidad de la infestación por ectoparásitos fueron más altas en la zona de urbanización media (ZIIH) que en la zona con baja urbanización (REPSA). Para esta comparación no se consideró el sitio muy urbanizado (FC). No hubo diferencias significativas en la prevalencia entre los sitios ZIIH y REPSA, pero sí hubo diferencias significativas en el peso y la edad para la severidad e intensidad; asimismo, se encontró que la severidad de la infestación por *C. felis* el ectoparásito más abundante (que se encuentra principalmente en gatos), fue significativamente más alta en el sitio medianamente urbanizado que en el poco urbanizado, y que la intensidad de su infestación fue marginal y positivamente afectado por el porcentaje de área cubierta por sarro en la dentadura ( $P = 0.072$ ). Por otra parte, los ectoparásitos se concentraron sobre todo en las patas, los costados y la cola de los tlacuaches. Finalmente, se obtuvieron bajos valores de traslape (0-0.021) y de amplitud de nicho (0.048-0.272) en las tres especies de pulgas. Se concluye que en sitios más urbanizados se promueve el aumento de la severidad e intensidad de ectoparásitos en general y de *C. felis* en particular debido al aumento de interacciones con perros y gatos domésticos y ferales. Además, los valores de severidad obtenidos en tlacuaches más

pesados y viejos se deben a que hay mayor espacio en la piel y a que el huésped ha estado más tiempo expuesto a los ectoparásitos en su vida.

**Palabras clave:** *Ctenocephalides felis*, *Echidnophaga gallinacea*, ecología urbana, garrapatas, *Ixodes* pos. *tancitarius*, Parasitidae, *Plusaetis sybinus*, pulgas, Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Siphonaptera.

## 1. INTRODUCCIÓN

El aumento de la población humana ocasiona el crecimiento en la cantidad de infraestructuras; como consecuencia, hay una pérdida en los hábitats naturales, efectos sobre los ecosistemas y cambios en la ecología de los organismos que viven en las zonas alteradas por la urbanización (Padullés-Cubino *et al.*, 2015; Johnson y Munshi-South, 2017). Por esta razón, las ciudades pueden ser vistas como ecosistemas novedosos debido a que las interacciones bióticas se ven modificadas (Turrini *et al.*, 2016). Una de estas interacciones modificadas es el parasitismo, porque los parásitos juegan un papel importante en la estabilidad de los ecosistemas, a través de efectos directos sobre los huéspedes y de efectos indirectos sobre las redes tróficas (Su y Yang, 2020). Esto significa que las interacciones intra e interespecíficas están reguladas por el vigor y la salud de cada huésped, y si un huésped está infestado, o enfermo, su conducta se modifica y afecta su posición social, o bien, puede verse desplazado (Suzán-Azpiri *et al.*, 2000).

En un huésped se pueden establecer comunidades de parásitos (Guégan *et al.*, 2005) cuyos integrantes pueden mantener interacciones facilitadoras (Brinkerhoff *et al.*, 2006) o antagónicas por competencia (Hellard *et al.*, 2015). Un ejemplo es cuando hay una respuesta inmunitaria de reacción cruzada en donde el primer parásito tiene la capacidad de suprimir el éxito de supervivencia de los demás parásitos (Dallas *et al.*, 2019). La competencia puede llevarse a cabo cuando dos o más especies de parásitos pueden infestar una misma área del huésped (Hellard *et al.*, 2015). De hecho, se ha registrado que los parásitos seleccionan los sitios en áreas del cuerpo del huésped que les son más favorables para su desarrollo (Hsu *et al.*, 2002).

Existen varios factores que pueden aumentar o disminuir la riqueza o abundancia de parásitos presentes en el huésped, esto se puede traducir como una modificación en la estructura de las comunidades de parásitos. Dichos factores son los rasgos ambientales o características propias del huésped que van desde lo fisiológico, morfológico y el comportamiento (peso, condición corporal, sexo, edad, dieta, hábitos migratorios y comportamiento reproductivo; Violante-González *et al.*, 2010). A continuación, se menciona cómo algunos de estos factores modifican las comunidades de parásitos: en el peso se puede esperar una relación positiva, en donde entra más peso y tamaño corporal, mayor riqueza y carga de parásitos tendrá un huésped, ya que puede ofrecer un mayor número de nichos (Hsu *et al.*, 2002). Por otra parte, generalmente se espera que aquellos huéspedes que tienen una mala condición corporal y por lo tanto que no son inmunocompetentes tengan una alta carga parasitaria (Roberts *et al.*, 2004); no obstante, también puede pasar lo contrario, en un estudio con la especie *Apus melba* se encontró que los huéspedes que tienen una mala condición corporal también tienen una inmunidad reducida y es posible que los parásitos los eviten debido a que no proporcionaron buenos recursos (Bize *et al.*, 2008). Kolodziej-Sobocińska (2019) discute que el sexo del huésped afecta a los parásitos debido a las diferencias sexuales en los rasgos ecológicos, fisiológicos, morfológicos y de comportamiento. Por ejemplo, este autor sostiene que aquellas especies de huéspedes donde el macho tiene mayor tamaño corporal, este puede estar consumiendo más alimento y dispersarse a través de distancias más largas, lo que provoca que la probabilidad de tener contacto con una mayor variedad de parásitos sea más alta en comparación con las hembras. Este autor también discute que la edad de los

huéspedes afecta, pues los especímenes jóvenes o seniles poseen sistemas inmunes débiles lo que los hace más susceptibles a infecciones y enfermedades en comparación con los adultos.

Factores extrínsecos como la urbanización también puede afectar las comunidades de parásitos (Lane *et al.*, 2011) y las interacciones parásito-huésped (Hassell *et al.*, 2016). Hay casos en donde se atribuyen estas afectaciones a la mayor disponibilidad de fuentes de alimento derivados de vertederos de basura (McCleery, 2010). Estas fuentes de alimento proporcionadas por las ciudades alteran el uso del espacio y modifican los patrones de movimiento de las especies que usan estas fuentes de alimento, lo que ocasiona cambios en la distribución de patógenos que portan esas especies (Plaza y Lambertucci, 2017). Otra consecuencia es que dichos alimentos pueden ser ricos en carbohidratos y grasas, pero pobres en proteínas a comparación de los alimentos que se encuentran en hábitats naturales, lo que compromete el éxito reproductivo y las respuestas inmunitarias del huésped para combatir las infestaciones por parásitos (Jiménez-Peñuela *et al.*, 2019). La urbanización también afecta la densidad poblacional de los huéspedes (Faeth *et al.*, 2005): si estos son evasivos urbanos (*sensu* McKinney, 2006) entonces no serán capaces de sobrevivir en ciudades lo que conlleva a una pérdida de parásitos. En el caso contrario, si una especie silvestre es capaz de adecuarse a una ciudad y ser un habitante urbano, esto trae como consecuencia que haya nuevas especies de parásitos, lo cual modifica las comunidades de parásitos que ya estaban establecidas (Hassell *et al.*, 2016). Por lo anterior, el efecto de la urbanización sobre las especies es compleja porque intervienen

sus ciclos de vida, sus sensibilidades ante los disturbios, sus interacciones y sus capacidades de dispersión (Ottewell *et al.*, 2019).

El tlacuache *Didelphis virginiana* (Didelphimorphia: Didelphidae) es una especie que se puede encontrar en México hasta el Sur de Canadá, y tiene características que permiten considerarla como un habitante urbano: posee un tamaño pequeño, tiene hábitos nocturnos y una alta capacidad de reproducción (Wright *et al.*, 2012). Por otra parte, es omnívoro: se alimenta de frutas, insectos, invertebrados, vertebrados y carroña; además, es oportunista, pues aprovecha los recursos que le ofrecen los sitios con presencia humana, ya que se le puede encontrar alimentándose de desperdicios y es muy común encontrarlo cerca o dentro de los botes de basura de Ciudad Universitaria (Pérez-Escobedo *et al.*, 2008; Pérez-Osorio *et al.*, 2008). Mantiene tamaños poblacionales grandes y es altamente tolerante hacia la fragmentación del hábitat (Beatty *et al.*, 2012; Cruz-Salazar *et al.*, 2014). Además, en los ambientes urbanos los tlacuaches pueden infestarse con mayor facilidad de parásitos provenientes de otros animales silvestres, domésticos y ferales (Ceballos-González y Galindo Leal, 1984; Pacheco-Coronel, 2010; Hernández-Camacho *et al.*, 2014). Se sabe que conforme aumentan las poblaciones de los animales ferales se incrementa el riesgo de transmisión de enfermedades y constituyen una amenaza para las especies silvestres (Arenas, 2016).

## 2. JUSTIFICACIÓN

El crecimiento urbano provoca la pérdida de hábitat y la fragmentación y, como consecuencia, muchas especies silvestres se ven desplazadas o en el peor de los casos, extintas (McKinney, 2006). No obstante, *Didelphis virginiana*, es considerada un habitante urbano gracias a su capacidad de explotar una amplia gama de recursos y entornos, lo que les permite tener acercamiento a las viviendas y desperdicios generados por los humanos (Cruz-Salazar y Ruíz-Montoya, 2020). Enlazado con lo anterior, Wenzel y Tipton (1966) se refieren a estos mamíferos como “huéspedes portadores” potenciales porque tienden a recoger y transferir numerosas especies de ectoparásitos debido a los variados hábitats que son capaces de utilizar, por lo tanto, son diseminadores de parásitos a animales que son ecológicamente más restringidos, lo que altera la ecología tanto de los huéspedes como de los parásitos. De esta manera, los tlacuaches se ven involucrados en el ciclo de vida de muchos parásitos en ambientes urbanos y periurbanos, y esto puede ocasionar consecuencias negativas para la salud de los mismos tlacuaches, otra fauna silvestre, doméstica e incluso humanos (Bezerra-Santos *et al.*, 2021). Sin embargo, los animales ferales y domésticos, como perros y gatos, presentes en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) también pueden actuar como “transporte” diseminador de agentes biológicos infectantes, lo que puede ser perjudicial tanto para la fauna silvestre, lo que incluye a los tlacuaches (Cruz-Reyes, 2009).

Por esta razón, es necesario generar más información sobre el papel de la ecología de los ectoparásitos de estos mamíferos en ambientes urbanos porque el rol de estos marsupiales en la epidemiología en diferentes sitios y de otras especies animales aún no

está dilucidada. Otro motivo es que los tlacuaches constituyen un elemento importante para el funcionamiento de los ecosistemas en los que habita y, en particular, para la preservación de las redes tróficas de la REPSA.

### 3. OBJETIVO E HIPÓTESIS

El objetivo general de esta tesis es conocer la estructura de la comunidad y la distribución corporal de los artrópodos ectoparásitos en tlacuaches (*Didelphis virginiana*) de tres sitios con distinto nivel de urbanización dentro de Ciudad Universitaria, Cd. Mx., México. Derivado de lo anterior, los objetivos particulares son los siguientes:

1. Comparar la severidad, intensidad y prevalencia de infestación en los tlacuaches en los tres sitios de estudio.
2. Conocer si factores como el efecto del peso, sexo, edad, porcentaje de área de la dentadura cubierta por sarro de los tlacuaches y el sitio, tienen un efecto en la severidad e intensidad de las infestaciones por ectoparásitos.
3. Distinguir la distribución de las diferentes especies de ectoparásitos en el cuerpo de los tlacuaches.
4. Entender las relaciones de nicho (amplitud y traslape) entre las especies de ectoparásitos.

La hipótesis para este trabajo es que si los ambientes urbanos son zonas que facilitan la infestación por ectoparásitos debido a la presencia de animales domésticos y roedores, entonces los tlacuaches que se encuentran en el sitio con urbanización alta presentarán una mayor severidad, intensidad y prevalencia. Por otra parte, las predicciones particulares son las siguientes:

1. Aquellos ectoparásitos que requieren de más de un huésped para completar su ciclo de vida se encontraran con mayor frecuencia en el sitio con urbanización baja debido a la mayor riqueza de animales y que pueden servir como huéspedes intermediarios.

2. Los tlacuaches del sitio con urbanización baja tendrán mayor riqueza de ectoparásitos a comparación de los tlacuaches que se encuentran en el sitio con urbanización alta.
3. Si hay competencia interespecífica entre las especies de ectoparásitos, entonces se espera que los valores de traslape de nicho y los de amplitud de nicho sean bajos.

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Zona de estudio

Este estudio se llevó a cabo en el *campus* de Ciudad Universitaria (C.U.) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), que abarca 730 ha y se ubica entre las coordenadas geográficas 19°20'13.18"-19°19'21.68" N, 99°11'29.59"-99°10'21.30" O en la zona centro-poniente de la Ciudad de México. Su clima es templado subhúmedo con régimen de lluvias en verano [Cb(w1)(w)]; su precipitación anual es de 833 mm y se distinguen dos épocas bien definidas: una de lluvias (junio a octubre) y otra de secas (noviembre a mayo), con una temperatura media anual de 15.6°C (Castillo-Argüero *et al.*, 2007). Fue construida entre 1949 y 1954 sobre el ecosistema natural del Pedregal de San Ángel, pero ha ido creciendo de modo que, en la década de 2010, 83 ha de su superficie están ocupadas por edificios, y allí estudian y trabajan 166,474 personas y circulan 70,000 automóviles diariamente (Lot *et al.*, 2012; Rangel-Espíndola, 2015; Zambrano *et al.*, 2016).

El origen del Pedregal de San Ángel se remonta a las lavas emanadas por el volcán Xitle hacia el año 280 ± 35 d.n.e. (Siebe, 2009), en cuya parte baja se asentó una vegetación dominante del tipo matorral xerófilo (Castillo-Argüero *et al.*, 2007).

Desde 1983 parte de este ecosistema donde originalmente se asentó Ciudad Universitaria se encuentra protegido dentro del polígono de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) que actualmente ocupa 237.3 ha distribuidas en tres zonas núcleo (Poniente, Oriente y Suroriente) que cubren 171 ha y 13 áreas de amortiguamiento que ocupan 66 ha (REPSA, 2006). De hecho, la REPSA representa uno de los últimos

relictos del este ecosistema en el que coexisten más de 1,500 especies (Zambrano *et al.*, 2016).

#### 4.2. Selección de sitios

Se escogieron tres sitios de estudio con distinto nivel de urbanización. Para poder clasificar los diferentes grados de urbanización en los tres sitios se utilizaron los porcentajes de diferentes áreas de cobertura: naturales, manejadas, impermeables y de edificios, para lo cual se utilizó como base un área de 37.3 ha, que representa la extensión del ámbito hogareño de los tlacuaches (Wright *et al.*, 2012, ver Tabla 1). El primer sitio (denominado REPSA) se localiza en la Zona Núcleo Poniente de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (19°18'31"-19°19'17" N, 99°10'20"-99°11'52" O). Es el sitio con urbanización baja, ya que el porcentaje de área de vegetación natural es de 98.1% (Tabla 1). El segundo sitio está comprendido dentro de la Zona de Institutos de Investigación y Humanidades (ZIIH; 19° 18'54" N, 99° 10'48" O), que cubre una extensión de 10 ha y se localiza en el sur de Ciudad Universitaria. Cuenta con 18 pedregales remanentes de vegetación natural que suman 1.67 ha a manera de mosaico entre y alrededor de los edificios de esta zona, los cuales mantienen una alta conectividad con las Zonas Núcleo Oriente y Suroriente, así como las zonas de amortiguamiento A4 (Senda Ecológica) y A5 (Paseo de las Esculturas) (Cano-Santana *et al.*, 2020; Flores-Morales, 2023). Es considerada el sitio con urbanización media porque su porcentaje de área natural es 49.1% (Tabla 1). El tercer y último sitio está ubicado en las instalaciones de la Facultad de Ciencias (FC; 19° 19'27.8" N-99° 10'44.7" O). De acuerdo con Mendoza-Hernández y Cano-Santana (2009),

las áreas verdes de la FC han sufrido modificaciones por el aumento de infraestructura; sin embargo, estas son sumamente importantes porque sirven como corredores biológicos y resguardo de la fauna y flora nativa del ecosistema original del Pedregal de San Ángel. Es catalogado como el sitio con urbanización alta, debido a su bajo porcentaje de área natural, que es 4.5% (Tabla 1, Fig. 1 ).

Tabla 1 Porcentaje de cobertura en los tres sitios de estudio al utilizar el ámbito hogareño máximo de los tlacuaches (37.3 ha; Wright *et al.*, 2012).

Diferentes áreas de cobertura	Porcentaje de terreno (%)		
	REPSA (Urbanización baja)	ZIIH (Urbanización media)	FC (Urbanización alta)
Natural	98.1	49.1	14.5
Manejada	1.0	26.3	42.1
Impermeable	0.8	18.8	24.9
Edificios	0.1	5.7	18.5
Suma	100	100	100

### 4.3. Especie de estudio

McManus (1974), Aranda-Sánchez (2012), Arenas-Pérez (2016) y Rosas-Rozón *et al.* (2017) describen a *Didelphis virginiana* en detalle, según se expone a continuación. Se distribuye desde el sureste de Canadá hasta Costa Rica. Son mamíferos que pesan en etapa adulta de 1 a 6 Kg. Poseen un pelaje con dos capas, una es densa y corta de color crema, mientras que la otra es larga con coloraciones negras y grises. El sistema reproductivo de los machos está compuesto por un hemipene que se encuentra en la parte anterior de los testículos, mientras que las hembras cuentan con dos vaginas y dos úteros. Su gestación dura menos que el ciclo estral, ya que este último dura en promedio 29 días y la gestación

de sus crías de 12 a 15 días. Su temperatura corporal es de los 35.0-35.5°C, pero son capaces de sobrevivir a temperaturas bajas, pues utilizan diferentes métodos para su termorregulación, como la piloerección y el mantenimiento de una tasa metabólica lenta. Tiene dos períodos reproductivos: uno de enero a marzo y otro de mayo a julio. Poseen hábitos nocturnos, con mayor actividad en un período de las 23:00 y las 2:00 h. Suelen ser arborícolas o semiarborícolas gracias a la presencia de un pulgar oponible que carece de garra en sus patas traseras, así como de una cola prensil. Sus refugios se encuentran generalmente al nivel del suelo, rocas y árboles huecos; incluso usan madrigueras de otros animales. Generalmente son nómadas y permanecen en un sitio entre 6 meses y 1 año. Aunque no son territoriales llegan a defender su espacio ocupado en un tiempo determinado. Cuando suceden encuentros entre machos generalmente estos siempre son agonísticos durante los cuales ocurren vocalizaciones, exhibición de los dientes y combates físicos que pueden desembocar con la muerte del ejemplar más débil. También muestran otros despliegues conductuales cuando se encuentran en estrés o con miedo, como la salivación excesiva, la tanatosis y un mal olor causado por una secreción producida en las glándulas apocrinas.

#### **4.4. Captura y revisión de tlacuaches**

Se realizó un esfuerzo de 130 noches trampa por sitio (390 noches trampa en total) entre mayo-julio y septiembre-diciembre de 2021, siempre bajo condiciones de baja movilidad y actividad humana debido a la pandemia del COVID-19.

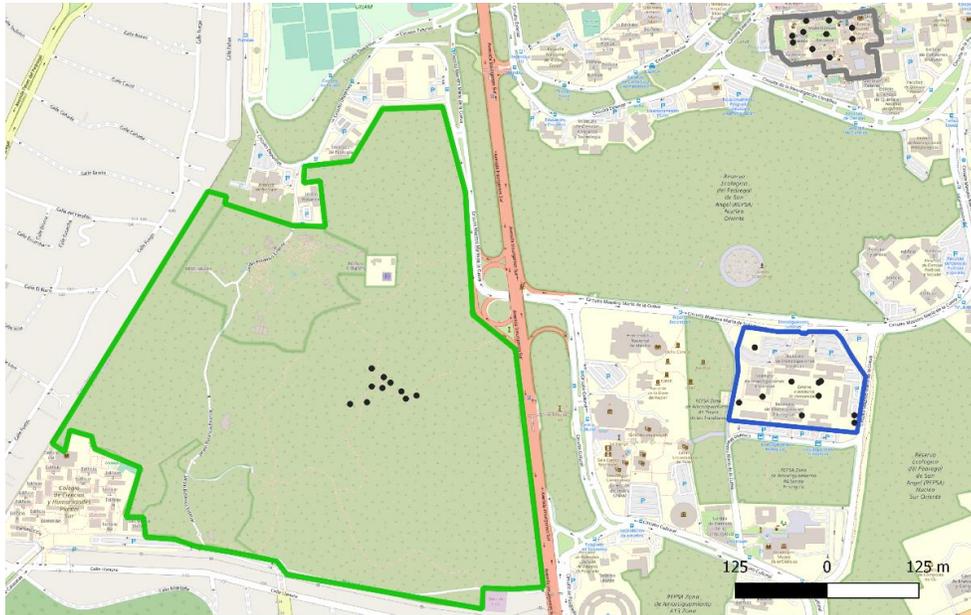


Figura 1. Mapa de ubicación de los tres sitios de estudio dentro de Ciudad Universitaria, Cd. De México. Los puntos negros representan la distribución en la que se pusieron las trampas de caída. Polígono verde: Núcleo poniente de la REPSA, polígono azul: ZIIH, polígono gris: FC

Los tlacuaches se capturaron usando trampas de caída, para lo cual se usaron recipientes de plástico de 75 cm de largo y 50 cm de diámetro. Este tipo de trampas causan menos estrés y daño corporal a los especímenes tlacuaches, ya que no pueden atorarse ni lastimarse al intentar salir, tal como ocurre frecuentemente con las trampas Tomahawk (Glebskiy y Cano-Santana, 2021). A cada trampa se le colocó vegetación natural tanto en su interior para amortiguar la caída del ejemplar, como en su parte superior donde también se depositaba un cebo constituido por manzanas y alimento genérico para gato de la marca Whiskas® (México). Las trampas eran colocadas al anochecer (entre las 17:30 h y 19:00 h, Fig. 2A) y se revisaban a la mañana siguiente (entre las 8:00 y las 10:00 h). En ~80% de los casos el ejemplar capturado se encontraba dormido (Fig. 2B). A cada tlacuache capturado se le tomaron datos de peso, sexo, edad, porcentaje

de sarro en la dentadura, presencia de lesiones y si tenían crías. El manejo con los tlacuaches fue realizado por dos a cinco personas. Mientras una persona sostenía al ejemplar (Fig. 3), las demás ayudaban con el temporizador, conteo y toma de ectoparásitos. Finalmente, los tlacuaches fueron marcados con azul de metileno en su pelaje para identificarlos en caso de futuras recapturas. Una vez que se terminaba el manejo, los tlacuaches fueron liberados en el mismo lugar en el que fueron capturados y las trampas se desactivaban al colocarlas en posición horizontal para evitar la caída de cualquier otro ejemplar. En todo momento se tomaron medidas de precaución para el bienestar de los animales. Las trampas fueron sujetadas con una cuerda para evitar que estas se cayeran por la acción mecánica del viento o de los propios animales. Asimismo, a cada uno de los botes se les hicieron agujeros en su parte inferior para que no se acumulara el agua en su interior en caso de lluvia.

Cada tlacuache capturado pasó por un proceso en el cual se le realizó un conteo de ectoparásitos durante 30 segundos. Una vez finalizado el conteo, se hizo la colecta de ectoparásitos con ayuda de pinzas entomológicas durante 5 min. Cada ectoparásito recolectado se trasladó de manera individual en un tubo Eppendorf con etanol al 70% y se registró el lugar corporal preciso donde este se encontró. Al inicio del muestreo se realizaron dos pruebas piloto para aprender el manejo de los tlacuaches, donde se capturaron dos tlacuaches (uno en cada prueba) en la ZIIH. En estos ejemplares se colectaron únicamente ectoparásitos y no se hizo el conteo por 30 s.



Figura 2. (A) Aspecto de una trampa de caída lista para su depósito. (B) Aspecto del interior de una trampa de caída con un ejemplar durmiendo.



Figura 3. Manejo de *Didelphis virginiana*

#### 4.5. Identificación

Los ectoparásitos Siphonaptera y Acari se identificaron con ayuda de la Dra. Roxana Acosta Gutiérrez, la Dra. Carmen Guzmán Cornejo, la Biól. Beatriz Salceda Sánchez, la Dra. Blanca Estela Mejía Recamier y el Dr. Ignacio Mauro Vázquez Rojas.

Los sifonápteros de difícil identificación fueron montados en preparaciones permanentes después de pasarlos a través de diferentes líquidos para aclararlos: [1]

lavado con agua (10 min), [2] ácido acético (10 min), [3] alcohol isopropílico (5 a 10 min), [4] alcohol isopropílico y esencia de clavo 1:1 (10 min). Por último, fueron montados con bálsamo de Canadá sobre un portaobjeto.

La garrapata colectada fue primero identificada con claves taxonómicas y con ayuda de una experta. Posteriormente, se hizo un análisis de secuenciación molecular de ADN en el Instituto de Diagnóstico y Referencia Epidemiológicos “Dr. Manuel Martínez Báez”. La secuencia extraída se comparó con el programa informático de alineamiento de secuencias de tipo local (BLAST) del NCBI.

Todos los artrópodos recolectados para este trabajo se encuentran en el Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera” de la Facultad de Ciencias, UNAM con los siguientes números de catálogo: 10113-10122 SIPHO para ejemplares conservados en alcohol y 10087-10112 SIPHO ejemplares en laminillas.

#### **4.6. Severidad, intensidad y prevalencia**

Se obtuvieron las variables de severidad, intensidad y prevalencia, las cuales se describen a continuación (ver Margolis *et al.*, 1982, Bush *et al.*, 1997). La severidad mide el número de individuos ectoparásitos pertenecientes a una especie *i* en todos los huéspedes infestados y sanos. Este parámetro también es conocido en la literatura como abundancia, sin embargo, para evitar confusión con el término ecológico de abundancia (número de individuos en una zona), en este trabajo usaremos el término de severidad. La intensidad, por su parte, es el número de individuos de ectoparásitos de una especie *i* en huéspedes infestados. Finalmente, la prevalencia denota el porcentaje de huéspedes infestados con

una especie  $i$  de ectoparásito. En el caso de la severidad y la intensidad es posible calcular el promedio. Para obtener estas variables se realizó una estimación utilizando los valores obtenidos en el conteo de ectoparásitos por 30 s (observados) y los ectoparásitos recolectados en 5 min, puesto que muchas veces la eficiencia de colecta fue muy baja, pues frecuentemente el número de ectoparásitos observados fue más alto que el de recolectados. Debido a este procedimiento, de aquí en adelante se hará referencia a la severidad, intensidad y prevalencia como estimada. Por lo anterior, fue necesario calcular la probabilidad de que los ectoparásitos observados, pero no recolectados pertenecieran a una especie  $i$  a través de la abundancia relativa de cada huésped en la muestra de ectoparásitos recolectados e identificados (ver ejemplo en Anexo 1).

#### **4.7. Análisis de datos**

Para llevar a cabo todos los análisis estadísticos se excluyeron los datos obtenidos del único tlacuache capturado en el sitio FC debido al pequeño tamaño de muestra, por lo cual las comparaciones sólo se hicieron con los datos de los sitios ZIIH y REPSA. Además, se usaron variables nominales y ordinales, las cuales se les atribuyeron valores de 0 y 1. Dichas variables son el sitio (ZIIH-0, REPSA-1), sexo (hembra-0, macho-1), y edad (adulto-0, juvenil-1).

*4.7.1. Severidad estimada.* Se ajustaron dos modelos lineales generalizados con una distribución tipo Poisson y una función de ligamiento log para verificar el efecto del sexo, peso, porcentaje de sarro, edad y sitio sobre (1) la severidad estimada de todos los

ectoparásitos y (2) la severidad estimada de infestación por *Ctenocephalides felis*, el ectoparásito dominante.

También se hizo una matriz de correlación de Spearman entre las variables de severidad, peso, edad, porcentaje de sarro y sitio para conocer cuales variables tenían una correlación estadísticamente significativa.

**4.7.2 Intensidad estimada.** Al igual que en la severidad, se ajustaron dos modelos lineales generalizados con las mismas distribuciones y variables independientes para verificar el efecto sobre (1) intensidad estimada de todos los ectoparásitos y (2) la intensidad estimada por *C. felis*.

**4.7.3. Prevalencia estimada.** Se hizo una prueba de ji cuadrada para comprobar si la frecuencia de tlacuaches infestados o sanos dependía significativamente del sitio (ZIIH vs REPSA).

Estos análisis se corrieron en el programa R versión 4.2.2 (R Core Team, 2023).

**4.7.4 Relaciones de nicho.** Para conocer estas relaciones, se calculó el traslape y la amplitud de nicho entre las tres especies de sifonápteros recolectados. En ambas relaciones las variables mencionadas anteriormente son vistas como dimensiones: sitio (REPSA, ZIIH), sexo del huésped (hembra, macho), edad del huésped (joven, adulto) y zona corporal (espalda, patas, costados, cola, cara, marsupio, testículos y cuello). Lo que da un total de 64 nichos.

En el traslape de nicho se usó el índice simplificado de Morisita ( $C_H$ ) con la siguiente ecuación:

$$C_H = \frac{2\sum_i^n P_{ij} P_{ik}}{\sum_i^n P_{ij}^2 + \sum_i^n P_{ik}^2}$$

donde:  $P_{ij}$  = frecuencia en la variable independiente  $i$  (sexo, edad, sitio y zona corporal) ocupado por la especie de ectoparásito  $j$ ,  $P_{ik}$  = frecuencia en la variable independiente  $i$  (sexo, edad, zona corporal del tlacuache y el sitio) ocupado por la especie de ectoparásito  $k$ . Los valores obtenidos para este índice oscilan entre 0 y 1, donde 0 es solapamiento nulo y 1 es solapamiento completo. Langton (1982) propone una escala de valores para el traslape de nicho: 0–0.29, traslape bajo; 0.30–0.60, traslape medio; y >0.60, traslape alto.

En la amplitud de nicho se usó el índice de Levin con la siguiente ecuación:

$$B = \frac{1}{\sum p_j^2}$$

donde:  $P_j$  = es la proporción de ectoparásitos encontrados/usando un nicho  $j$ . Sin embargo, para estandarizar la amplitud de nicho a una escala de 0 – 1, con la siguiente ecuación:

$$B_A = \frac{B - 1}{n - 1}$$

donde  $B$  = valor obtenido en la amplitud de nicho para una dimensión y  $n$  = es el número de nichos. Por lo tanto, es  $64 - 1 = 63$ .

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Huéspedes capturados y fauna epizoica

En un esfuerzo de captura de 390 noches trampa se hicieron 49 capturas y recapturas de 34 tlacuaches. Las cuales se distribuyeron de la siguiente manera: 18 se capturaron en la ZIIH, 15 en la REPSA y únicamente un individuo en la FC. En el sitio ZIIH cinco tlacuaches registraron ocho recapturas, mientras que cuatro tlacuaches de la REPSA registraron siete recapturas (Tabla 2).

De los ectoparásitos contados en 30 s se obtuvo un total de 74 individuos. Por otra parte, de los recolectados se obtuvo un total de 98 individuos de artrópodos epizoicos, de estos 97 individuos se identificaron cuatro especies de ectoparásitos y un único individuo ectosimbionte. Las especies de ectoparásitos están representados de la siguiente manera: 84 individuos pertenecen a la pulga del gato, *Ctenocephalides felis* Bauché (Siphonaptera: Pulicidae), ocho individuos a la pulga de la gallina, *Echidnophaga gallinacea* Westwood (Siphonaptera: Pulicidae), cuatro individuos a la pulga común de roedores, *Plusaetis siblynus* (Jordan) (Siphonaptera: Ceratophyllidae) y la garrapata se identificó como *Ixodes pos. tancitarius* Cooley y Kohls (Arachnida, Acari: Ixodidae). El ejemplar ectosimbionte fue una deutoninfa de una especie no identificada de la familia Parasitidae (Arachnida, Acari).

La garrapata fue identificada como *I. tancitarius* dada su morfología, por la Dra. Carmen Guzmán Cornejo (Laboratorio de Acarología, Departamento de Biología Comparada, Facultad de Ciencias, UNAM). No obstante, en el análisis de secuenciación molecular de ADN se obtuvo que la especie es *I. granulatus* Supino. Por esta razón, en el resto de este trabajo, se hará referencia a este ectoparásito como *Ixodes pos. tancitarius*.

Tabla 2. Número de tlacuaches, *Didelphis virginiana*, capturados y recapturados, y número de artrópodos epizoicos recolectados por cada especie registrada en tres sitios con distinto grado de urbanización en Ciudad Universitaria, Cd.Mx, entre mayo y diciembre del 2021: REPSA, urbanización baja; ZIIH, urbanización media; FC, urbanización baja

Variable	REPSA	ZIIH	FC	Total
Numero de huéspedes	15	18	1	34
Numero de huéspedes recapturados	4	5	0	9
Eventos de recaptura	7	8	0	15
Ectoparásitos				
<i>Ctenocephalides felis</i>	30	50	4	84
<i>Echidnophaga gallinacea</i>	0	8	0	8
<i>Plusaetis sibynus</i>	3	1	0	4
<i>Ixodes pos. tancitarius</i>	1	0	0	1
Ectosimbiontes				
Ácaro de la familia Parasitidae	1	0	0	1

## 5.2. Severidad, intensidad y prevalencia estimada

5.2.1. *Severidad estimada.* Los tlacuaches registraron una severidad global promedio de parásitos de  $2.6 \pm e.e. 0.4$  ind./huésped. La especie que tuvo los valores más altos de severidad fue *C. felis* en los tres sitios de estudio [4.0 en FC (datos de un solo ejemplar),  $2.5 \pm 0.5$  ind./huésped en ZIIH y  $1.5 \pm 0.5$  ind./huésped en REPSA; Tabla 3]. La especie *E. gallinacea*, por su parte, registró valores de  $0.6 \pm 0.4$  ind./huésped en ZIIH y de 0 ind./huésped en los otros dos sitios; mientras que *P. sibynus* registró  $0.04 \pm 0.04$  ind./huésped en ZIIH y  $0.14 \pm 0.09$  ind./huésped en REPSA. La garrapata *Ixodes pos. tancitarius*, por su lado, se registró solamente en la REPSA con una severidad promedio de  $0.05 \pm 0.05$  ind./huésped (Tabla 3). Todos los valores descritos para cada especie son valores estimados (ver Métodos).

El sitio ( $P=0.005$ ), la edad ( $P=0.022$ ) y el peso ( $P=0.0003$ ) tuvieron un efecto significativo sobre la severidad estimada de la infestación por ectoparásitos en los

tlacuaches (Tabla 4). En la Figura 4 se muestra cómo es la distribución de la severidad estimada respecto a estas variables. En el sitio, se registra cómo la severidad fue significativamente más alta en el sitio de urbanización media (ZIIH:  $3.2 \pm 0.7$  ind./huésped) que en el sitio con urbanización baja (REPSA:  $1.8 \pm 0.5$  ind./huésped) (Fig. 4A). En el caso de la edad, se registra a los tlacuaches adultos con una severidad promedio más alta ( $2.8 \pm 0.5$ ) en comparación de los juveniles ( $2.1 \pm 0.4$ ) (Fig. 4B). Finalmente, en el peso se muestra una tendencia positiva entre la severidad de la infestación y peso de los tlacuaches (Fig. 4C). En particular, se puede observar en algunos valores que aquellos tlacuaches que pesaron  $\leq 1$  Kg albergaban 0–5 ectoparásitos, mientras que aquellos que pesaron entre 1.5 Kg y 2.5 Kg llegaban a tener 9–14 ectoparásitos.

Tabla 3. Valores de severidad promedio (No. parásitos/huésped  $\pm$  e.e) registrados para cuatro especies de ectoparásitos encontrados en tlacuaches, en los tres sitios de estudio en Ciudad Universitaria, Cd.Mx, entre mayo y diciembre del 2021: REPSA, urbanización baja; ZIIH, urbanización media; FC, urbanización alta. Los rangos de valores se muestran entre paréntesis.

Especie	Severidad promedio (No. parásitos/huésped $\pm$ e.e.)			
	REPSA	ZIIH	FC	Datos agrupados
<i>Ctenocephalides felis</i>	$1.5 \pm 0.5$ (0–9)	$2.5 \pm 0.5$ (0–10)	$4.0 \pm 0$	$2.1 \pm 0.3$ (0–10)
<i>Echidnophaga gallinacea</i>	0	$0.6 \pm 0.4$ (0–11)	0	$0.3 \pm 0.2$ (0–11)
<i>Plusaetis sibiricus</i>	$0.14 \pm 0.09$ (0–2)	$0.04 \pm 0.04$ (0–1)	0	$0.08 \pm 0.05$ (0–2)
<i>Ixodes pos. tancitaricus</i>	$0.05 \pm 0.05$ (0–1)	0	0	$0.02 \pm 0.02$ (0–1)
Todos los ectoparásitos	$1.8 \pm 0.5$ (0–9)	$3.2 \pm 0.7$ (0–14)	$4.0 \pm 0$	$2.6 \pm 0.4$ (0–14)
Número de capturas	22	25	1	48

Tabla 4. Resultados del Modelo Lineal Generalizado para verificar el efecto de cinco variables sobre la severidad estimada de infestación por ectoparásitos en tlacuaches, en dos sitios con distinto grado de urbanización en Ciudad Universitaria, Cd.Mx, entre mayo y diciembre del 2021: REPSA, urbanización baja; ZIIH, urbanización media. \*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.001$ , \*\*\*  $P < 0.001$ .

Variable	Estimador	P
Intercepto	-0.071	0.139
Sitio (ZIIH = 0; REPSA = 1)	-0.621	0.005**
Sexo (Hembra = 0; Macho = 1)	0.245	0.275
Edad (Adulto = 0; Juvenil = 1)	0.718	0.022*
Peso	1.136	0.0003***
% Sarro	-0.002	0.699

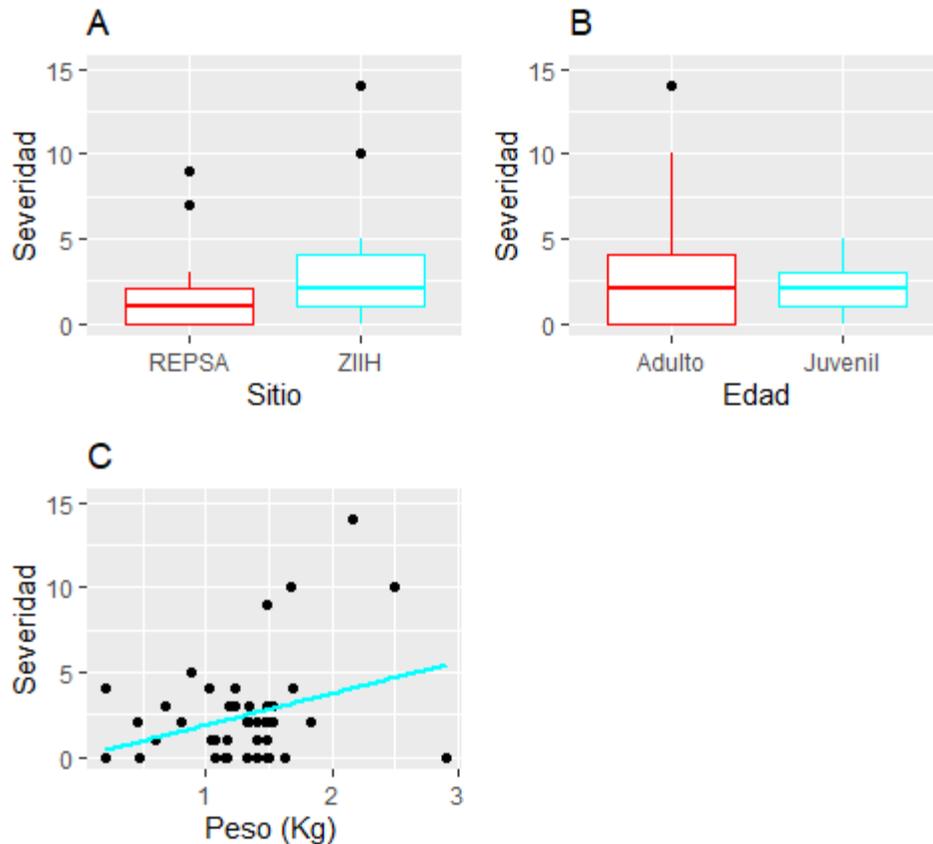


Figura 4. Variación de la severidad estimada en función de (A) sitio [ZIIH (urbanización media), REPSA (urbanización baja)], (B) edad y (C) peso (Kg) de los tlacuaches, de acuerdo con el Modelo Lineal Generalizado (Tabla 4)

Por otra parte, se encontraron correlaciones positivas y significativas entre la edad y el peso ( $r_s = 0.656$ ,  $P < 0.01$ ), y entre el peso y el porcentaje de sarro ( $r_s = 0.313$ ,  $P < 0.05$ , Tabla 5).

Tabla 5. Matriz de correlación de Spearman entre variables del sitio, severidad y factores intrínsecos de los tlacuaches capturados en Ciudad Universitaria, Cd. Mx. entre mayo y diciembre de 2021. En todos los casos, g.l. = 43. En negritas se señalan los valores significativos. Los valores de  $P$  se presentan entre paréntesis.

	<i>Sitio</i>	<i>Severidad</i>	<i>Peso</i>	<i>Edad</i>
Severidad	-0.229 (0.134)	–	–	–
Peso	0.124 (0.424)	0.033 (0.832)	–	–
Edad	-0.050 (0.749)	-0.175 (0.256)	<b>0.656</b> <b>(&lt; 0.001)</b>	–
% Sarro	0.163 (0.289)	-0.094 (0.545)	<b>0.313</b> <b>(0.038)</b>	0.120 (0.437)

Adicionalmente, se encontró que el sitio ( $P = 0.012$ ) tuvo un efecto significativo sobre la severidad de infestación por el ectoparásito dominante, la pulga *C. felis* (Tabla 6, Fig. 5). Esta especie de pulga registró una severidad estimada promedio significativamente más alta en ZIIH (el sitio con urbanización media;  $2.5 \pm 0.5$  ind./huésped) que en REPSA (el sitio menos urbanizado;  $1.5 \pm 0.5$  ind./huésped).

Tabla 6. Resultados del Modelo Lineal Generalizado para verificar el efecto de cinco variables sobre la severidad estimada de infestación por el ectoparásito *C. felis* en tlacuaches, en dos sitios con distinto grado de urbanización en Ciudad Universitaria, Cd.Mx, entre mayo y diciembre del 2021: ZIIH, urbanización media, REPSA, urbanización baja. \*  $P < 0.05$ .

Variable	Estimador	P
Intercepto	0.052	0.923
Sitio (ZIIH = 0; REPSA = 1)	-0.628	0.012*
Sexo (Hembra = 0; Macho = 1)	0.071	0.780
Edad (Adulto = 0; Juvenil = 1)	0.383	0.262
Peso	0.405	0.261
% Sarro	0.002	0.737

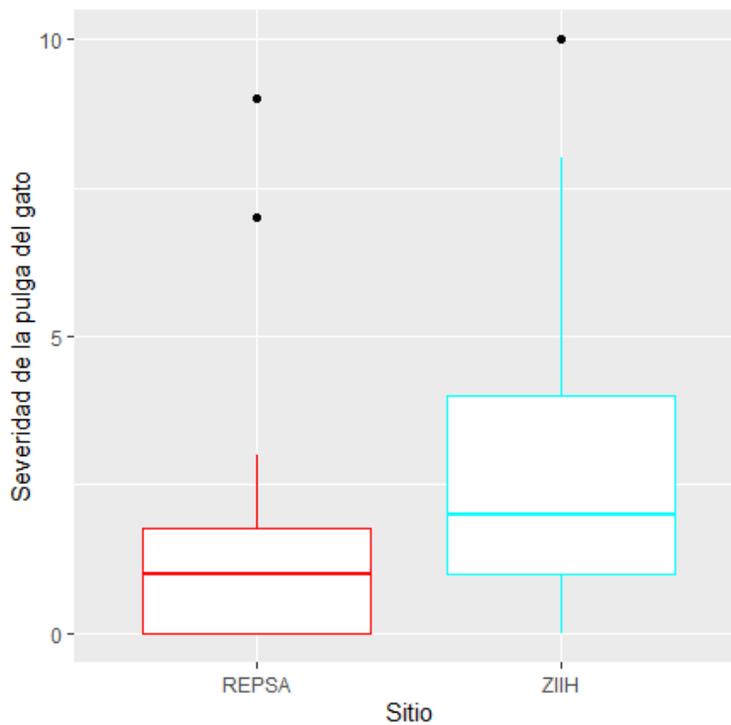


Figura 5. Comparación de la severidad estimada de infestación de la pulga *Ctenocephalides felis*, en tlacuaches en dos sitios con distinto grado de urbanización: REPSA (urbanización baja) y ZIIH (urbanización media). Diferencias significativas con  $P = 0.012$  (Tabla 6)

Finalmente, se encontró que la severidad del ácaro ectosimbionte Parasitidae es de  $0.05 \pm 0.05$  ind./huésped en la REPSA y de  $0.02 \pm 0.02$  en Ciudad Universitaria (datos agrupados de los tres sitios y de todos los tlacuaches capturados y recapturados).

5.2.2. *Intensidad estimada.* Los tlacuaches registraron una intensidad global promedio de  $3.4 \pm 0.5$  ind./huésped infestado (hi) por ectoparásitos. La intensidad más alta fue por *E. gallinacea* con  $3.2 \pm 0.6$  ind./hi en la ZIIH, mientras que *Ctenocephalides felis* en la ZIIH tuvo  $3.1 \pm 0.6$  ind./hi, y en la REPSA tuvo  $2.4 \pm 0.6$  ind./hi. En el caso de *P. sibynus*, en la ZIIH se obtuvo  $1 \pm 0$  ind./hi y en la REPSA fue de  $1.5 \pm 0.5$  ind./hi. En el caso de la garrapata se obtuvo un valor de  $1 \pm 0$  ind./hi en la REPSA (Tabla 7).

El ácaro ectosimbionte Parasitidae registra una intensidad de  $1 \pm 0$  ind./hi, tanto en la REPSA como en Ciudad Universitaria (datos agrupados de los tres sitios y de todos los tlacuaches capturados y recapturados).

El sitio ( $P = 0.015$ ) y el peso ( $P = 0.024$ ) tuvieron un efecto significativo sobre la intensidad estimada de ectoparásitos en tlacuaches (Tabla 8). El sitio ZIIH es el que tiene los tlacuaches infestados con mayor número de ectoparásitos ( $4 \pm 0.9$ ), en comparación con la REPSA ( $2.7 \pm 0.7$ , Fig. 6). Por otra parte, se obtuvo que el porcentaje de área de la dentadura cubierta por sarro ( $P = 0.07$ ) tuvo un efecto marginalmente significativo y positivo sobre la intensidad estimada de *C. felis* (Tabla 9, Fig. 7).

Tabla 7. Valores de intensidad promedio (No. parásitos/huésped infectado  $\pm$  e.e) registrados para cuatro especies de ectoparásitos, en los tres sitios de estudio con distinto grado de urbanización en Ciudad Universitaria, Cd.Mx, entre mayo y diciembre del 2021: REPSA, urbanización baja; ZIIH, urbanización media; FC, urbanización alta. Los rangos de valores y el número de huéspedes infestados se muestran entre paréntesis.

Especie	Intensidad promedio (No. parásitos/huésped infestado $\pm$ e.e)			
	REPSA	ZIIH	FC	Datos agrupados
<i>Ctenocephalides felis</i>	2.4 $\pm$ 0.6 (1–9, 15)	3.1 $\pm$ 0.6 (1–10, 20)	4 (1, 1)	2.9 $\pm$ 0.5 (1–10, 36)
<i>Echidnophaga gallinacea</i>	0	3.2 $\pm$ 0.6 (1–11, 5)	0	3.2 $\pm$ 0.6 (1–, 11,5)
<i>Plusaetis sibynus</i>	1.5 $\pm$ 0.5 (1–2, 2)	1 $\pm$ 0 (1, 1)	0	0.11 $\pm$ 0.3 (1–2, 3)
<i>Ixodes pos. tancitaris</i>	1 $\pm$ 0 (1, 1)	0	0	1 $\pm$ 0 (1, 1)
Todos los ectoparásitos	2.7 $\pm$ 0.7 (1–9)	4 $\pm$ 0.9 (1–14)	4	3.4 $\pm$ 0.5 (1–14)
No. de huéspedes infestados	15	20	1	36

Tabla 8. Resultados del Modelo Lineal Generalizado para verificar el efecto de cinco variables sobre la intensidad de infestación por ectoparásitos en tlacuaches, en dos sitios con distinto grado de urbanización en Ciudad Universitaria, Cd.Mx, entre mayo y diciembre del 2021: ZIIH, urbanización media; REPSA, urbanización baja. \*  $P < 0.05$ .

Variable	Estimador	P
Intercepto	-0.106	0.842
Sitio (ZIIH = 0; REPSA = 1)	-0.539	0.015*
Sexo (Hembra = 0; Macho = 1)	0.213	0.345
Edad (Adulto = 0; Juvenil = 1)	0.201	0.521
Peso	0.798	0.024*
% Sarro	0.007	0.227

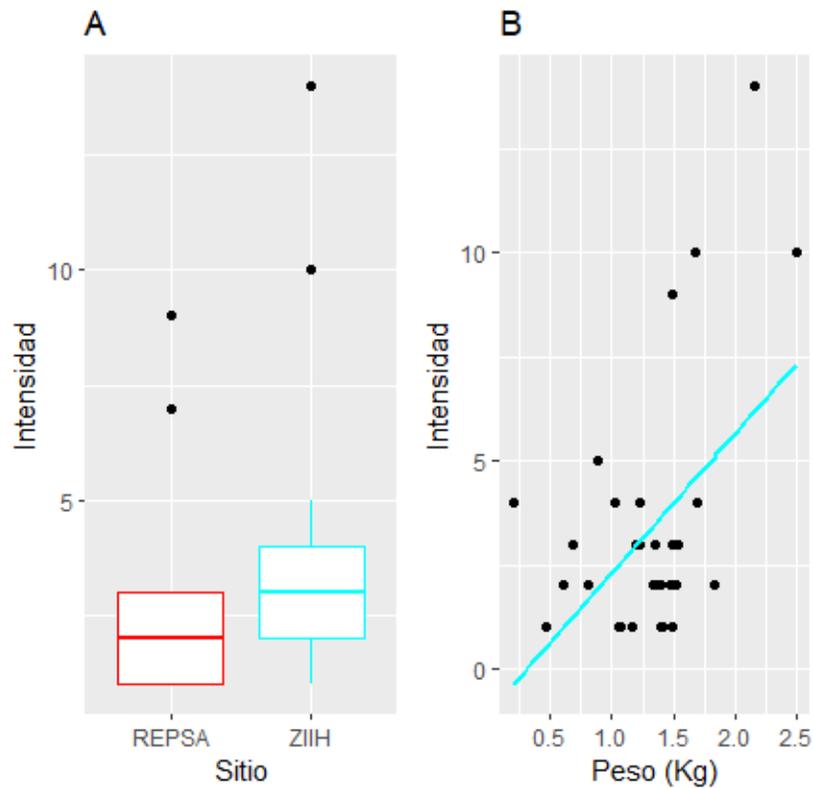


Figura 6. Variación de la intensidad de la infestación por ectoparásitos en función de (A) sitio [ZIIH (urbanización media), REPSA (urbanización baja)] y (B) peso (Kg) de los tlacuaches, de acuerdo con el Modelo Lineal Generalizado (Tabla 8)

Tabla 9. Resultados del Modelo Lineal Generalizado para verificar el efecto de cinco variables sobre la intensidad de infestación estimada promedio por la pulga *Ctenocephalides felis* en tlacuaches en dos sitios con distinto grado de urbanización en Ciudad Universitaria, Cd. Mx., entre mayo y diciembre del 2021: ZIIH, urbanización media; REPSA, urbanización baja. \*  $P < 0.1$ .

Variable	Estimador	P
Intercepto	1.089	0.074
Sitio (ZIIH = 0; REPSA = 1)	-0.299	0.244
Sexo (Hembra = 0; Macho = 1)	-0.037	0.891
Edad (Adulto = 0; Juvenil = 1)	-0.380	0.346
Peso	-0.182	0.694
% Sarro	0.012	0.072 <sup>+</sup>

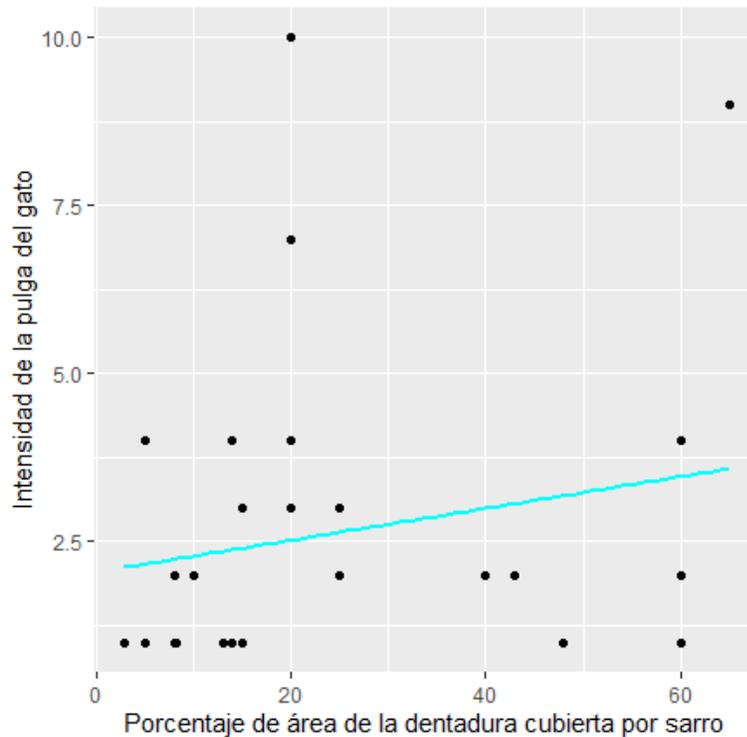


Figura 7. Relación entre el porcentaje de área de la dentadura cubierta por sarro y la intensidad estimada de infestación por *Ctenocephalides felis*. La relación fue positiva y marginalmente significativa ( $P = 0.072$ ; Tabla 9)

5.2.3. *Prevalencia estimada.* En Ciudad Universitaria se registró una prevalencia del 78.0% de los tlacuaches capturados ( $N = 48$ ). La prevalencia fue de 68.1% en REPSA y 80.0% en ZIIH; sin embargo, se encontró que la frecuencia de tlacuaches sanos e infestados no depende del sitio ( $\chi^2 = 0.35$ , g.l. = 1,  $P = 0.55$ ).

El ectoparásito que más infestó a los tlacuaches fue *Ctenocephalides felis* y fue el único ectoparásito que se encontró en el sitio con urbanización alta (FC). Las demás especies de ectoparásitos infestaron menos del 20% a los huéspedes (Tabla 10).

En el caso del ácaro ectosimbionte la prevalencia fue del 4.5% en la REPSA y del 2.1% en Ciudad Universitaria.

Tabla 10. Valores de prevalencia (% de tlacuaches infestados) registrados para cuatro especies de ectoparásitos encontrados en tlacuaches, en los tres sitios con distinto grado de urbanización en Ciudad Universitaria, Cd.Mx, entre mayo y diciembre del 2021: REPSA, urbanización baja; ZIIH, urbanización media; FC, urbanización alta.

Especie	Prevalencia			
	(% de tlacuaches infestados)			
	REPSA	ZIIH	FC	Cd. Universitaria
<i>Ctenocephalides felis</i>	68.1	80.0	100.0	75.0
<i>Echidnophaga gallinacea</i>	0	20.0	0	10.4
<i>Plusaetis sibynus</i>	9.1	4.0	0	6.2
<i>Ixodes pos. tancitarius</i>	4.5	0	0	2.1
Todos los ectoparásitos	68.1	80.0	100.0	78
No. tlacuaches capturados	22	25	1	48

### 5.3. Distribución corporal de artrópodos epizoicos y las relaciones de nicho

5.3.1. *Distribución corporal.* De los artrópodos epizoicos recolectados ( $N = 86$ ) se obtuvo que se distribuyen en ocho zonas corporales, pero solamente en cuatro de ellas se encontraron más de 10 ectoparásitos: (1) las patas (delanteras y traseras, y sus caras interior y exterior; 36.6%), (2) los costados (28.0%), (3) la cola (desde la base hasta la punta; 15.1%), y (4) la espalda (11.6%). Las otras zonas corporales fueron: cara (3.5%), marsupio (2.3%), cuello (2.3%) y testículos (1.2%) (Figs. 8 y 9).

Las pulgas *C. felis* y *E. gallinacea* se registraron en casi todo el cuerpo; la primera no se encontró en testículos, en tanto que la pulga de la gallina no fue detectada en la cara y el marsupio. La pulga, *P. sibynus*, se registró solamente en patas y costados, en tanto que la garrapata *I. pos. tancitarius* se encontró en la cara y la deutoninfa Parasitidae en un costado (Tabla 11).

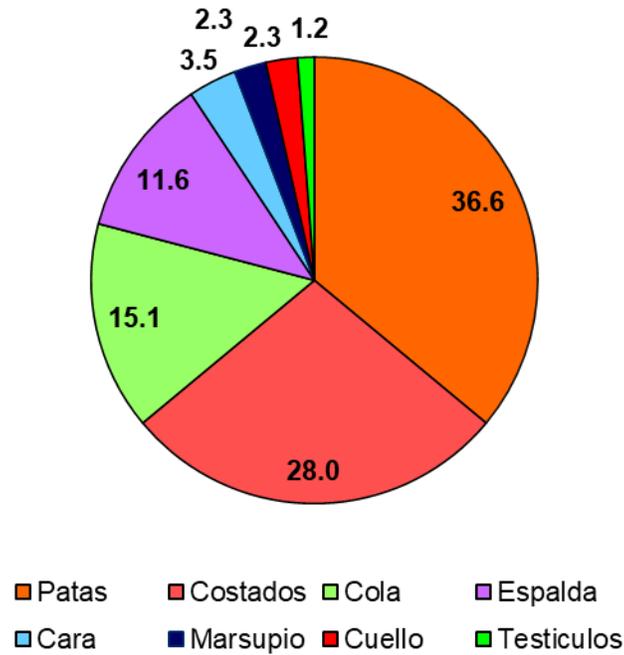


Figura 8. Porcentajes de artrópodos epizoicos recolectados en el cuerpo de los tlacuaches, en tres sitios con distinto grado de urbanización en Ciudad Universitaria, Cd.Mx, entre mayo y diciembre del 2021. N = 86 artrópodos epizoicos

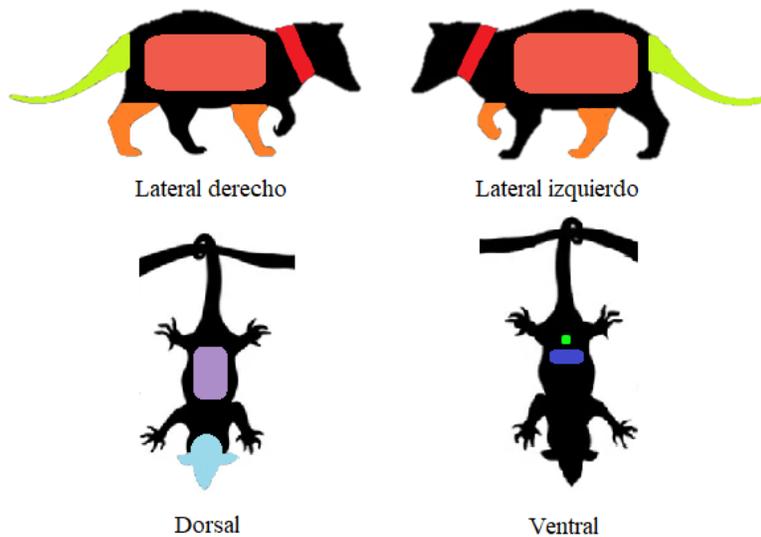


Figura 9. Esquema corporal de la distribución de artrópodos epizoicos recolectados en el cuerpo de tlacuaches, en tres sitios con distinto grado de urbanización en Ciudad Universitaria, Cd.Mx, entre mayo y diciembre del 2021. Cada color representa una zona corporal que sigue el formato de la gráfica de pastel

Tabla 11. Especies de artrópodos epizoicos recolectados en las diferentes zonas corporales de los tlacuaches capturados en Ciudad Universitaria, Cd.Mx, entre mayo y diciembre del 2021. El símbolo “X” denota la presencia de los artrópodos en las zonas corporales.

Artrópodos recolectados	Zonas corporales							
	Patas	Costados	Cola	Espalda	Cara	Marsupio	Testículos	Cuello
<i>Ctenocephalides felis</i>	X	X	X	X	X	X	–	X
<i>Echidnophaga gallinacea</i>	X	X	X	X	–	–	X	X
<i>Plusaetis sibiricus</i>	X	X	–	–	–	–	–	–
<i>Ixodes pos. tancitaris</i>	–	–	–	–	X	–	–	–
Ectosimbionte	–	X	–	–	–	–	–	–
Parasitidae								

5.3.2. *Traslape de nicho.* Los valores de traslape de nicho entre las tres especies principales de pulgas fueron los siguientes: *C. felis* y *E. gallinacea* = 0.020, *C.felis* y *P. sibiricus* = 0.021, y entre *E. gallinacea* y *P. sibiricus* = 0 (Fig. 10).

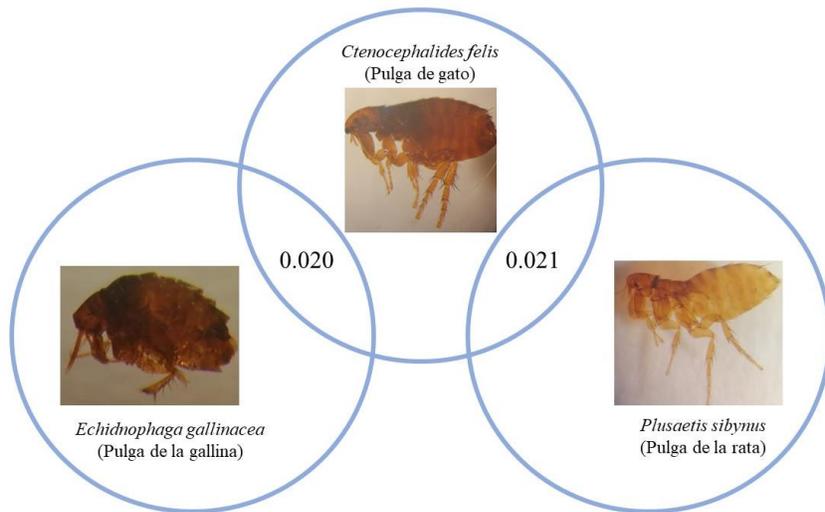


Figura 10. Diagrama de Venn que muestra el traslape de nicho entre especies de pulgas en tlacuaches de Ciudad Universitaria, Cd. Mx. En las intersecciones se muestran los valores de traslape de nicho (índice de Morisita simplificado:  $C_H$ ). Se consideraron cuatro dimensiones de nicho (sitio, sexo, edad y zona corporal)

5.3.3 *Amplitud de nicho*. La amplitud de nicho para los tres sifonápteros fueron bajos (<0.5). La pulga del gato, *C. felis*, registró un valor de 0.272; la pulga de la gallina, *E. gallinacea*, tuvo 0.086; y la pulga del ratón, *P. sibynus*, reportó 0.048.

5.3.4. *Dinámica de la infestación*. La composición y riqueza de artrópodos recolectados en el cuerpo de los tlacuaches cambió a lo largo del año. En el caso de los sifonápteros, *Ctenocephalides felis* estuvo presente en todos los meses de muestreo, *Echidnophaga gallinacea* solo se encontró en los meses de mayo y junio y *Plusaetis sibynus* en los meses de noviembre y diciembre. Por otra parte, los ácaros se colectaron en el mes de junio (ectosimbionte de la familia Parasitidae) y noviembre (*I. pos. tancitarius*). Además, durante el período de lluvias la abundancia de ectoparásitos tiende a disminuir (Tabla 12).

Para conocer con mayor precisión esta dinámica de infestación en el Anexo 2 se muestra el número de artrópodos recolectados en cada uno de los huéspedes y el tiempo transcurrido entre capturas, ya que esto brinda información de un posible caso de reinfestación, considerando que hay una previa remoción total o parcial de artrópodos epizoicos. A continuación, se brindan ejemplos de cómo interpretar esta tabla: el tlacuache 1 tuvo en total cuatro capturas, la primera captura se colectaron dos especímenes de los cuatro ectoparásitos que se observaron y que, a los 2 y 7 días posteriores este animal se mantuvo sin infestación, pero a los 15 d se observó y colectó un ectoparásito. Por otra parte, el tlacuache 7 tuvo cinco capturas, en la primera captura este estaba libre de ectoparásitos, pero a los 2 d se observaron dos ectoparásitos y se colectaron tres, a los 12 d no estaba infestado, a los 15 d ya tenía un ácaro Parasitidae y a los 30 d se colectaron dos ectoparásitos y se observó sólo uno. El tlacuache 25, por su

parte, fue capturado por primera vez con una pulga, que fue removida; a los 6 d no estaba infectado y a los 8 d se le registró una pulga y una garrapata.

Tabla 12. Número de artrópodos epizoicos recolectados en tlacuaches capturados entre mayo y diciembre del 2021 en Ciudad Universitaria, Cd. Mx. Entre paréntesis se señala el porcentaje de tlacuaches infestados (prevalencia).

Ectosimbiontes recolectados	Período de muestreo						
	mayo	junio	julio	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
<i>Ctenocephalides felis</i>	28 (80.0)	12 (70.0)	13 (100.0)	5 (100.0)	10 (50.0)	8 (72.7)	8 (60.0)
<i>Echidnophaga gallinacea</i>	6 (30.0)	2 (20.0)	–	–	–	–	–
<i>Plusaetis sibynus</i>	–	–	–	–	–	3 (18.2)	1 (20.0)
<i>Ixodes pos. tancitaris</i>	–	–	–	–	–	1 (9.1)	–
Parasitidae	–	1 (10.0)	–	–	–	–	–
No. de especímenes	34	15	13	5	10	12	9
No. de especies de artrópodos epizoicos	2	3	1	1	1	3	2
No. de tlacuaches capturados	10	10	3	2	8	11	5
No. de tlacuaches recapturados	3	4	1	0	2	3	2

## 6. DISCUSIÓN

### 6.1. Efectos de la urbanización

Se encontró que el sitio afecta de manera significativa la severidad e intensidad de todos los ectoparásitos encontrados y de la pulga *C. felis* en particular, en donde los tlacuaches del sitio con urbanización media (ZIIH) tuvieron los valores más altos de estos parámetros, en comparación con los que se registraron en los especímenes de la REPSA. Por lo tanto, podemos decir que sí se cumplió la hipótesis en donde se esperaba que la urbanización promoviera un aumento en las variables de infestación por ectoparásitos. Esto concuerda con los resultados de diversos trabajos donde se obtienen resultados similares y describen diversos factores de los cuales atribuyen este incremento en los niveles de infestación y que toman en cuenta como sistema a roedores y otros marsupiales. Dichos factores son los siguientes: (1) el efecto de isla calor urbano (que mejora la supervivencia y el éxito reproductivo de los ectoparásitos; Bradley y Altizer, 2007), (2) alta densidad poblacional del huésped, mascotas y animales silvestres y peridomésticos (Webster *et al.*, 2014), y (3) tendencia a volverse generalistas (lo cual aumenta el contagio entre los huéspedes; Teshome y Girmay, 2015). (3) En sitios sujetos a disturbios se experimentan cambios en la diversidad y disminución de la heterogeneidad, ya que la riqueza de mamíferos se ve reducida; no obstante, la intensidad de parasitismo se incrementa en aquellos huéspedes que persisten, porque su abundancia local tiende a aumentar (Friggens y Beier, 2010; Shilereyo *et al.*, 2022). También es importante considerar que el campus de Ciudad Universitaria al sufrir desarrollo urbano el campus continúa fragmentándose y los efectos de borde irán en aumento, al igual que las poblaciones de especies invasoras (Zambrano *et al.*, 2019). El acceso a este tipo de especies favorece la introducción de la fauna feral y

estos fungen como reservorio en la introducción de parásitos y patógenos, además las poblaciones de otros mamíferos se ven en peligro porque pueden ser depredados (Cabrera y Hernández, 2021).

En contraste con el patrón obtenido sobre los datos de severidad e intensidad de la infestación por ectoparásitos, la prevalencia resultó no ser dependiente del sitio (REPSA y ZIIH). Este resultado sigue los hallazgos de un metaanálisis realizado por Werner y Nunn (2020), en el cual tomaron en cuenta la prevalencia de parásitos con ciclos de vida complejos (i.e., requieren de múltiples huéspedes) y simples (i.e., no requieren de múltiples huéspedes), en poblaciones de carnívoros, primates, roedores y marsupiales en zonas urbanas y no urbanas. Lo que obtuvieron fueron lo siguiente: (1) No encontraron diferencias en la prevalencia de ambos grupos de parásitos en roedores y marsupiales, tanto en poblaciones urbanas y no urbanas. Esto puede ser debido a los hábitos de estos huéspedes como su dieta oportunista y su tamaño pequeño-mediano que les permite vivir con facilidad en zonas urbanas y no urbanas, (2) parásitos con ciclos de vida complejo eran menos prevalentes en primates y carnívoros de poblaciones urbanas, y se concede a la disponibilidad de alimentos en ciudades y, por ende, cambios de dieta en la vida silvestre urbana pueden minimizar el consumo de huéspedes intermediarios, lo que trae como consecuencia que los parásitos de ciclos de vida complejo reduzcan su prevalencia en poblaciones urbanas (3) no se encontraron diferencias en la prevalencia de parásitos con ciclos de vida simple en ningún grupo de animales ya sea en poblaciones urbanas y no urbanas, debido a que estos son más resistentes a una menor diversidad de huéspedes.

Con esta información se puede explicar el encuentro de la garrapata *Ixodes* *pos. tancitarius* en el sitio con urbanización baja (REPSA) y no en los demás sitios.

Se registra que en los sitios menos urbanizados (REPSA y ZIIH) hubo una mayor riqueza de artrópodos epizoicos (cuatro y tres especies, respectivamente), mientras que en el sitio más urbanizado (FC) solo se encontró una especie de pulga (*C. felis*). Esto se argumenta debido a que la urbanización da como resultado una baja biodiversidad con aumentos en las especies generalistas, esto mismo en una escala más grande se traduce en una tendencia a la baja riqueza de especies (Hassel *et al.*, 2016) y no se puede negar que la presencia de especies exóticas, como los perros y los gatos, ha incrementado su abundancia en Ciudad Universitaria (Santillán, 2017), como consecuencia se desplaza y se reduce la fauna nativa, y no sólo de mamíferos silvestres también ocasiona el declive de sus ectoparásitos. Hay registros en los que también documentan efectos de la urbanización sobre la riqueza de ectoparásitos en poblaciones de mamíferos y con base en lo descrito por Friggens y Beier (2010) mencionan que sitios con perturbación intermedia tenían una mayor cantidad de especies de pulgas, ya que estos sitios brindan la oportunidad de un mayor intercambio de vectores entre mamíferos domésticos, peridomésticos y silvestres.

## **6.2. Rasgos del huésped que afectan la severidad e intensidad de ectoparásitos**

Se obtuvo que la edad afecta la intensidad y la severidad, esta última variable también se ve afectada de manera positiva por el peso (Tabla 4 y 8; Fig. 4 y 6). Esto, al parecer, se debe a que los huéspedes adultos incrementan su actividad de forrajeo a comparación de

los juveniles, lo que da la oportunidad de tener más contacto con los ectoparásitos (Soliman *et al.*, 2001), a su vez, los huéspedes juveniles y de menor tamaño corporal pueden tener una mala nutrición, lo que ocasiona que haya un escape de los ectoparásitos (Young *et al.*, 2015). Por otra parte, los huéspedes de mayor edad tienen un ámbito hogareño más extenso para la búsqueda de alimento y parejas, lo cual también aumenta su exposición a los ectoparásitos (Wale *et al.*, 2023); asimismo, aquellos huéspedes con un cuerpo grande tienen una superficie mayor lo que aumenta las probabilidades de contacto con los ectoparásitos (Smith *et al.*, 1944) y ofrecen más recursos y nichos (Soliman *et al.*, 2001; Sponchiado *et al.*, 2016). Estas dos variables (edad y peso) están correlacionadas de manera positiva y significativa debido a que entre mayor sea el tiempo de vida de un huésped, su tamaño también aumenta y, al mismo tiempo, hay más probabilidad de infestación en un adulto (Kellner *et al.*, 2012; Martínez-Flores, 2013).

También se encontró una correlación positiva y significativa entre el peso y el porcentaje de sarro, un patrón previamente reportado por Glebskiy *et al.* (2022) para tlacuaches de la misma zona en un estudio de 2020. Los autores argumentan que esto se debe a un proceso normal, ya que conforme el tlacuache envejece, su cuerpo crece y su dentadura se ve afectada, además se sabe que la disponibilidad de sacarosa y alimentos procesados que se encuentran en zonas urbanas pueden brindar malas dietas y ocasionar daños más severos (Ungar, 2020). En otro estudio realizado con jabalíes (*Sus scrofa*) en España encontraron que diferentes sitios brindan alimentos diferentes, de modo que encuentran diferencias significativas entre sitios en la cantidad de sarro presente, y

argumentan que una alimentación basada en alimentos duros reduce el depósito de sarro (Granados-Rigol *et al.*, 2022).

Una variable que fue marginalmente significativa en la intensidad de la infestación de *C. felis* fue el porcentaje de sarro. Aunque esta última variable no afecta de manera directa la cantidad de ectoparásitos, se sugiere que estas dos variables están relacionadas indirectamente pues el sarro se acumula en tlacuaches adultos que invierten más tiempo para forrajear y alimentarse de manera más frecuente, sobre todo de alimentos blandos y altos en azúcar. Lo anterior implica una exposición más prolongada en sitios donde se encuentra este tipo de alimentación y en el que es fácil encontrar esta especie de pulga.

### **6.3. Uso de diferentes zonas corporales por ectoparásitos**

De las ocho zonas corporales detectadas como hábitat de los ectoparásitos, la mayoría de ellos se concentraron en patas, costados y cola (Figs. 8 y 9). Estos resultados se deben tomar con reserva, debido al sesgo asociado a la manera en la que se hizo el manejo de los tlacuaches para el espulgado (Fig. 3), ya que al realizar la contención física se dejaban áreas corporales más disponibles que otras. Pese a esto, algunos de los artrópodos encontrados en el pelaje y piel de los tlacuaches se encuentran con mayor frecuencia en ciertas zonas corporales. No se encontró literatura en la que se reporte alguna preferencia por habitar ciertas zonas del cuerpo por parte de *C. felis*, *P. sibynus* y el ácaro Parasitidae. *Echidnophaga gallinacea*, por su parte, ha sido reportada alrededor de los ojos, cresta y barbas de aves domésticas (AbouLaila y Menshawy, 2020), en los párpados y alrededor de los ojos de ardillones (*Otospermophilus variegatus*; Martínez-Flores, 2013), en animales

domésticos como perros y gatos se encuentran en el margen de las orejas, en las almohadillas, en el escroto y en las regiones del vientre con poco pelo (Gyimesi *et al.*, 2007; Koehler *et al.*, 2018). La distribución corporal de este ectoparásito coincide únicamente en la zona de los testículos (ver Tabla 11).

Por otro lado, garrapatas del género *Ixodes* se han registrado en abdomen, cola, cuello y orejas de mamíferos pequeños (Estébanes-González y Cervantes, 2005; Montiel-Parra *et al.*, 2009; Lah *et al.*, 2016). Esto concuerda con la ubicación de la garrapata encontrada en este estudio, que anteriormente se mencionó que fue encontrada en la cara (con el objetivo de agruparla en una zona corporal) pero precisamente se encontró en la oreja derecha.

En otros trabajos la distribución de ectoparásitos en las zonas corporales de los huéspedes excluye a las pulgas, porque estas se mueven muy rápido y dificulta la identificación de un sitio preferido, a diferencia de lo que pasa con las garrapatas, que se encuentran adheridas a su huésped por el hispostoma, incluso sin usar sus patas (Bittencourt y Rocha, 2022). Simkova *et al.* (2000) discuten que los ectoparásitos que tienen piezas bucales muy especializadas se adhieren a zonas específicas de los huéspedes. La preferencia de alguna zona corporal puede ser porque hay más facilidad en la obtención de alimentos, o porque hay zonas en donde es más fácil su remoción por el mismo huésped debido a que el acicalamiento es una de las principales causas de muerte de ectoparásitos (Marshall, 1982; Bittencourt y Rocha, 2002). También es posible que estas preferencias se vean influenciadas por factores ambientales, ecológicos, físicos y fisiológicos (Kennedy, 1975). Por ejemplo, en un trabajo realizado con tuzas, *Thomomys*

*bottae connectens* colectadas en Albuquerque, Nuevo México, los autores notaron una distribución diferencial de dos poblaciones de piojos en el cuerpo del huésped, pues la población *Geomydoecus* habitaba la zona dorsal y lateral, mientras que la población *Thomomydoecus* habitaba la zona ventral y lateral, y esta preferencia de microhábitats fue atribuida por la diferencia de temperatura, humedad e incluso por la cantidad de glándulas sebáceas (Reed *et al.*, 2000).

Cada zona corporal representa un microhábitat que brinda características diferentes, por lo que se espera que ciertas especies de ectoparásitos tengan preferencia por alguno de ellos. Incluso se ha registrado que muchas especies de parásitos no se van hacia zonas corporales vacías, ya que cada especie está adaptada a ciertos microhábitats con ciertas características y no pueden sobrevivir en otros (Rohde, 1991).

#### **6.4. Relaciones de nicho**

Los parásitos que infestan un solo huésped conforman una comunidad dentro de la cual éstos interactúan con los miembros de otras especies, manteniendo potencialmente una competencia interespecífica, y si se trata de ectoparásitos este tipo de interacción se ve influenciada por las características ambientales y del huésped. Acorde con los resultados obtenidos, el traslape de nicho para las tres especies de pulgas (en 64 nichos) fueron bajos. En este sentido, Poulin (2007) argumenta que las especies de parásito que tienen un traslape de nicho muy bajo es porque estas interacciones interespecíficas parecen poco probables y puede que no sean importantes. En estos casos menciona dos orígenes evolutivos: 1) son el producto de una competencia intensa en el pasado, o bien, 2)

tuvieron otros orígenes, por lo que guardan poca afinidad taxonómica, por lo tanto no se presenta competencia. Sustentado lo anterior, las especies encontradas en este trabajo pertenecen a dos familias distintas: Pulicidae (*C. felis* y *E. gallinacea*) y Ceratophyllidae (*P. sibynus*). Los ceratofílicos se encuentran principalmente en roedores y no suelen encontrarse en los grupos basales de mamíferos (Whiting *et al.*, 2008), así se entiende que se trata de un encuentro poco probable y esto podría explicar porque se obtuvo un traslape de nicho de cero entre *P. sibynus* y *E. gallinacea*. No obstante, si se comparan los resultados obtenidos por Pacheco-Coronel (2010) con los de este trabajo coinciden en que existe una mayor severidad y prevalencia de *C. felis* que de *E. gallinacea* en tlacuaches de la REPSA pues registró un total de 581 individuos de *C. felis* en 59 de 75 tlacuaches y solo 60 de *E. gallinacea* en 10 de 75 tlacuaches. Esto sugiere que *C. felis*, al ser la pulga con mayor éxito de supervivencia y reproductividad, puede estar ejerciendo una fuerte competencia sobre las demás especies, las cuales pueden verse desplazadas.

En la amplitud de nicho se obtuvieron valores bajos en las especies de pulgas encontradas. Esto sugiere que las tres especies estudiadas tienen una alta especificidad hacia los nichos disponibles, lo cual coincide con la baja probabilidad de que sus nichos se traslapen.

### **6.5. Artrópodos epizoicos registrados**

En este trabajo se registraron dos órdenes de artrópodos ectoparásitos (Ixodida y Siphonaptera), cuyas historias de vida difieren y, por lo tanto, el parasitismo que ejercen en el cuerpo de los tlacuaches es distinto.

Las garrapatas (Ixodida) son parásitos intermitentes porque pasan la mayor parte de su vida fuera de un huésped (Randolph, 2004), ya que estas solo se alimentan cuando pasan de un estadio a otro y, específicamente las garrapatas *Ixodes* tardan días en completar su alimentación (Anderson, 2002). Nava *et al.* (2017) mencionan que la mayoría de las especies de garrapatas tienen un ciclo de vida de tres huéspedes: las larvas inician en un huésped, terminan de alimentarse, se desprenden para mudar al siguiente estadio en vida libre y mudan a la etapa de ninfa; estas buscan otro huésped, se alimentan, se desprenden y se convierten en adultos y, en caso de ser hembras adultas, se alimentan de otro huésped, se desprenden, ponen miles de huevos en el ambiente y mueren. Se sabe, por ejemplo, que la garrapata *Ixodes scapularis* se alimenta de mamíferos, aves y reptiles (Anderson, 2002).

Salceda-Sánchez (2004), por otra parte, explica que las pulgas (Siphonaptera) pasan por los estadios de huevo, larva y pupa en nidos y madrigueras, alimentándose de materia orgánica y heces de las pulgas adultas, y cuando son adultos ya se encuentran en el cuerpo del huésped y, aunque la mayoría de las pulgas pueden alimentarse de diferentes especies de huéspedes, estas también pueden permanecer en uno solo hasta que éste muera, o bien, pasar a otro huésped de la misma especie.

Los rasgos ecológicos de los artrópodos epizoicos encontrados en tlacuaches del presente trabajo, se expone a continuación.

6.5.1. *Ctenocephalides felis*. Se encontró durante todos los meses del muestreo y en todos los tlacuaches capturados que estaban infestados, así como en los tres sitios de estudio. Esto puede deberse a que se trata de un ectoparásito cosmopolita generalista que infesta

tanto animales domésticos como silvestres, lo que facilita la reinfestación (Dryden y Rust, 1994).

A pesar de que esta especie se encontró en todo el muestreo, fue en mayo cuando se encontraron más individuos, seguido de los meses de junio y julio. Diferentes estudios realizados en México registran que es una especie prevalente en todas las estaciones del año; sin embargo, en invierno su prevalencia es más baja debido a que su supervivencia se ve comprometida por diversos factores climáticos (Yeruham *et al.*, 1995; Cruz-Vázquez *et al.*, 2000; Hernández-Valdivia *et al.*, 2011). Hay otros mecanismos que permiten la supervivencia y el mantenimiento de las poblaciones de esta pulga, por ejemplo, la presencia de pulgas adultas en animales silvestres urbanizados como los tlacuaches y el retraso en el desarrollo de etapas inmaduras en guaridas subterráneas de animales de vida silvestre (Rust y Dryden, 1996).

6.5.2. *Echidnophaga gallinacea*. Es el segundo ectoparásito más abundante en los tlacuaches. Se trata de una especie cosmopolita y generalista que infesta, además de gallinas, muchas otras aves, mamíferos y animales domésticos, como el perro y el gato (AbouLaila y Menshawy, 2020). Se ha registrado que los tlacuaches pueden convertirse en depredadores oportunistas de aves de corral y así contagiarse de este ectoparásito (Amador-Alcalá *et al.*, 2013). En este trabajo, esta pulga se encontró únicamente en los meses de mayo y junio, en donde todos los individuos recolectados se encontraron en el sitio con urbanización media (ZIIH). Parman (1923) sugiere que las infestaciones por este ectoparásito son favorecidas en sitios que sean frescos y secos, características que pueden brindar los edificios o la infraestructura cerrada del ZIIH. No obstante, Pacheco-Coronel

(2010) la reporta también en tlacuaches de la Zona Núcleo Poniente de la REPSA en 10 tlacuaches con actividad durante todo el año, asimismo Martínez-Flores (2013) encontró que esta especie fue la segunda más abundante en *Otospermophilus variegatus* en la REPSA, por lo tanto, se puede decir que esta especie no se ve delimitada por un sitio o por alguna estación climática y que posiblemente la REPSA también brinda las condiciones necesarias para la supervivencia de esta especie.

6.5.3. *Plusaetis sibynus*. Las pulgas del género *Plusaetis* se distribuyen en todo el continente americano (Lewis, 1972) infestando principalmente roedores de los géneros *Peromyscus*, *Neotoma* y *Reithrodontomys* (Acosta, 2005; Aguilar-Montiel *et al.*, 2019). A pesar de esto, Pacheco-Coronel (2010) recolectó 20 ejemplares de una pulga de este mismo género (*Plusaetis parus*) en *D. virginiana* dentro de la REPSA y de manera más específica fue hasta que Glebskiy *et al.* (2021) registraron por primera vez a *P. sibynus* en *D. virginiana* entre enero y marzo del 2020 en seis localidades del sur del área urbana de la Ciudad de México. Este trabajo reporta la actividad de esta pulga en los meses de noviembre y diciembre del 2021. Por todo lo anterior, se sugiere que la actividad de *P. sibynus* es favorecida por la temporada de secas en la Ciudad de México.

6.5.4. *Ixodes pos. tancitarius*. Las garrapatas del género *Ixodes* son el grupo más grande de la familia Ixodidae, pues comprende alrededor de 243 especies, 26 de las cuales se encuentran en 20 de las 32 entidades de México (Guzmán-Cornejo y Robbins, 2010). *Ixodes tancitarius*, en particular, tiene una distribución Neártica y Neotropical (Guglielmone *et al.*, 2021) y se ha registrado infestando roedores de los géneros *Peromyscus* y *Reithrodontomys* (Guzmán-Cornejo *et al.*, 2007). Hay muy pocos registros

sobre esta especie que indiquen algo sobre la estacionalidad u otros factores que afecten su presencia, debido a que en este trabajo solamente se colectó un ejemplar en el mes de noviembre del 2021 en la REPSA. Sin embargo, de manera más general la presencia del género *Ixodes* se puede ver reducida en ambientes urbanos debido a interrupciones en su ciclo de vida, porque en zonas urbanas los animales domésticos pasan por tratamientos para estar libres de estos ectoparásitos y disminuyen las tasas de infestación; además, las zonas naturales se caracterizan por poseer más diversidad de mamíferos que incrementan las interacciones y, por lo tanto, el aumento poblacional de garrapatas (Putman *et al.*, 2021).

6.5.5. *El ácaro de la familia Parasitidae.* Se colectó un único ejemplar deutoninfa Mesostigmata de la familia Parasitidae en junio del 2021 en la REPSA. De acuerdo con Pérez *et al.* (2014) estos ácaros pueden ser depredadores, mientras que Hruzová y Fendá (2018) reportan que estos artrópodos pueden ser foréticos cuando son deutoninfas. Se ha registrado que la mayor diversidad de la familia Parasitidae se encuentra en el suelo, musgo, basura, estiércol, carroña, nidos de animales o en pequeños mamíferos (Hennessey y Farrier, 1989; Vargas-Madriz *et al.*, 2020; Farahi *et al.*, 2022). El ejemplar recolectado no es un ectoparásito, sino un ectosimbionte que probablemente estaba usando al tlacuache como medio de transporte, manteniendo una relación forética. Los ácaros foréticos generalmente se encuentran en una etapa de transición de transporte o dispersión y se van transformando poco a poco en adultos hasta llegar a un cadáver, que es donde tienen acceso a sus presas, que son moscas o escarabajos carroñeros (Perotti y Braig, 2009). Otro aspecto interesante es que los ácaros juveniles deben alcanzar la etapa

forética antes de que el cadáver se descomponga para poder adherirse a otro animal, lo que significa que los ácaros pueden reproducirse más rápido que sus portadores (Perotti y Braig, 2009; Ondrejková *et al.*, 2021). La colecta de este Parasitidae sugiere que la conducta carroñera de los tlacuaches puede favorecer el transporte de estos ácaros (Hortelano-Moncada *et al.*, 2023).

#### **6.6. La importancia de ser generalista**

Wenzel y Tipton (1966) argumentan que es poco común encontrar especialización en las pulgas respecto a los huéspedes que seleccionan, de tal manera que al limitar su uso de recursos se reduce su supervivencia (Méndez, 1977) y al tener dos pulgas (*C. felis* y *E. gallinacea*) que son cosmopolitas y que además se les ha encontrado en una gran cantidad de mamíferos hace que esto tenga sentido. Entonces una manera de explicar los valores obtenidos en el traslape y la amplitud es que están en función en que tan definidos están los nichos. Una dimensión que dificulta que los nichos sean ocupados es la zona corporal, si en lugar de designar ocho zonas corporales se hubieran hecho cuatro (zona ventral, dorsal, posterior y anterior) probablemente los valores aumentarían (esto aplica para los dos índices), ya que 36 de los 64 nichos se encuentran vacíos y se adiciona que no se han encontrado otros trabajos en donde usen el traslape y la amplitud de nicho para varias dimensiones en ectoparásitos porque generalmente siempre están hechas para la selección de huéspedes (diferentes especies) y para las zonas corporales, por lo que dificulta comparar en términos cuantitativos.

### 6.7. Discrepancia en la identificación de la garrapata *Ixodes*

En este apartado se realiza una descripción entre las características morfológicas de *Ixodes tancitarius* e *I. granulatus*.

Los rasgos de la garrapata colectada que coinciden con lo descrito por Cooley y Kohls (1945) para la especie *I. tancitarius* son los siguientes. El idiosoma tiene forma ovalada, ensanchada hacia atrás, y el escudo ocupa la mitad del cuerpo. Además, el escudo y patas tienen un color café amarillento (Figs. 11A y B). Desde una vista ventral, la base del *capituli* del gnatosoma es ligeramente convexo, y las aurículas son proyecciones redondeadas. Los palpos son largos pero anchos en el medio y las líneas del exterior son rectas, mientras que las interiores son curvas (Fig. 11C). La coxa I el espolón interno es largo, angosto y puntiagudo, llegando hasta la mitad de la coxa II (Fig. 11D). Finalmente, solo hay una placa estigmal que es corta y ovalada, y está situada en el lado antero-ventral con numerosos anillos (Fig. 11E).

Por otra parte, con base en las descripciones de Lah *et al.* (2016) y Chao *et al.* (2009), *Ixodes granulatus* tiene las siguientes características morfológicas que el ejemplar recolectado no posee. El escudo dorsal del gnatosoma de las hembras es granuloso, ovalado y cubre más de la mitad del largo dorsal. El idiosoma de ambos sexos poseen espolones internos y externos en la coxa I, siendo este un poco más largo que el externo y posee un par de placas estigmasales detrás de la coxa IV.

Con base en lo anterior, para este trabajo se concluye que las características morfológicas indican que se trata de un espécimen de la especie *Ixodes tancitarius*. Esta conclusión también se basa en que *Ixodes granulatus* se distribuye naturalmente en Asia

(Lah *et al.*, 2016), en tanto que *I. tancitarius* se distribuye naturalmente en México (Guglielmo *et al.*, 2021), y resulta ser un nuevo registro para la REPSA, pues no está registrado en el listado de artrópodos del Pedregal de San Ángel de Rueda-Salazar y Cano-Santana (2009).

Con anterioridad ya se habían registrado problemas en la identificación de *I. granulatus* por Estébanes-González y Cervantes (2005) al identificar garrapatas de los roedores *Peromyscus mexicanus totontepecus* y *Oryzomys chapmani chapmani*. Asimismo, Guzmán-Cornejo *et al.* (2007) sostienen que dicha clasificación es errónea, y que los ejemplares encontrados deben de ser redeterminados. Lo anterior sugiere, que el trabajo taxonómico sobre garrapatas requiere una revisión futura.

### **6.8. Riesgo sanitario**

Los animales domésticos, ferales y los tlacuaches están involucrados en la epidemiología de ciertos parásitos dentro de ambientes urbanos y periurbanos (Bezerra-Santos *et al.*, 2021). Debido a que incrementa el contacto entre estas especies y puede existir un intercambio de ectoparásitos, el ciclo de vida de estos y los patógenos que pueden portar se ve modificado porque ahora los tlacuaches jugarán un papel central. Esto ha contribuido a que estos marsupiales se les vea como un problema para la salud de los humanos e incluso para animales de ganado y otros animales silvestres.

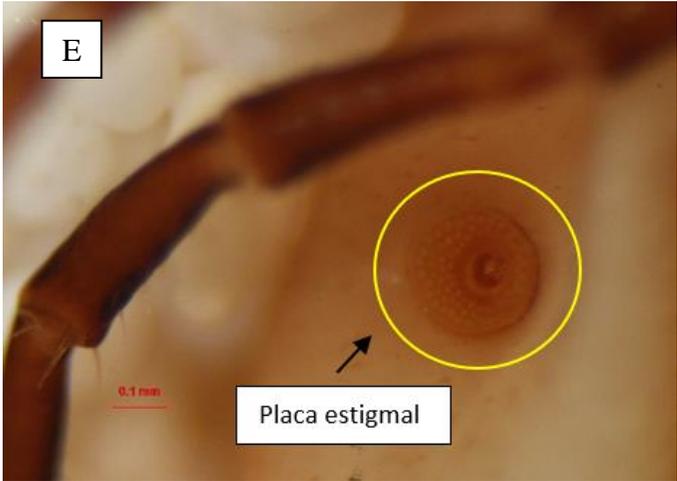
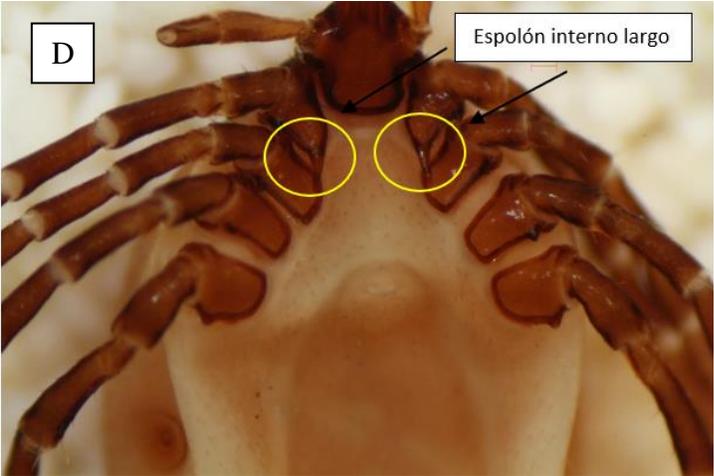
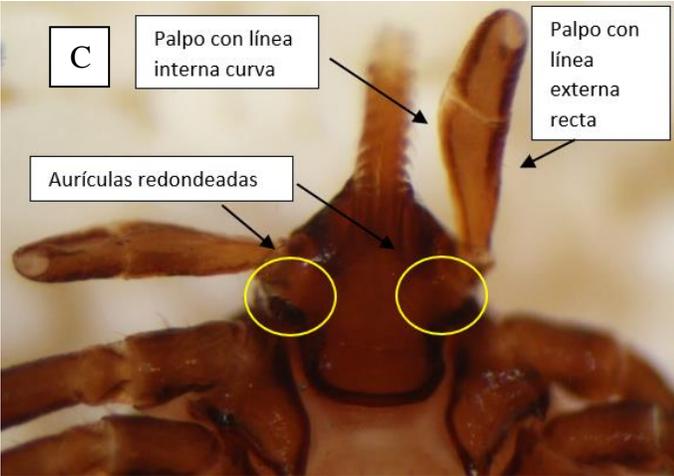


Figura 11 (en página anterior). Garrapata (*Ixodes* pos. *tancitaris*) colectada en el cuerpo de un tlacuache, *Didelphis virginiana*, capturado en la zona núcleo poniente de la Reserva Ecológica del Pedregal de san Ángel en Ciudad Universitaria, Cd. Mx, en noviembre del 2021. (A) Vista dorsal. (B) Vista ventral. (C) Base del *capituli* desde una vista ventral, se señalan los palpos y aurículas. (D) Espolones internos largos de la coxa I. (E) Placa estigmal en la zona lateral derecha

Se tienen registros que todos los ectoparásitos recolectados en este trabajo son vectores de muchas especies de patógenos que se pueden encontrar tanto en mamíferos domésticos y silvestres (ver Anexo 3). Específicamente en México se han encontrado registros en el cual ectoparásitos obtenidos de *Didelphis virginiana* son portadores de patógenos y que esta especie de marsupial constituye un reservorio. En zonas rurales y suburbanas del estado de Yucatán ha habido registro de casos humanos infectados de *Rickettsia felis* y que la infección de tlacuaches por este patógeno se debe a su fuerte relación con las viviendas urbanas (Peniche-Lara *et al.*, 2016). En este mismo estado se encontró que los tlacuaches también pueden ser reservorio de otras especies de rickettsias, *Salmonella enterica*, *Leptospira interrogans* y *Trypanosoma cruzi* (Ruíz-Piña *et al.*, 2002; Ruíz-Piña y Cruz-Reyes, 2002). Este último patógeno también se ha encontrado en tlacuaches *D. virginiana* en el estado de Campeche (Tamay-Segovia *et al.*, 2017), en el municipio de Teocuitatlán de Corona, estado de Jalisco (Villagrán *et al.*, 2011) y el estado de Hidalgo (Imbert-Palafox *et al.*, 2018). Aún con los registros mencionados, no se busca alarmar a la población humana sobre la presencia de estos marsupiales y como consecuencia, atentados que pongan en riesgo su bienestar porque si bien se mencionó que son reservorios de patógenos, la prevalencia de enfermedades transmitidas por vectores varía mucho en sitios modificados por humanos y están fuertemente relacionados por la respuesta del vector y/o huésped frente a estos cambios (Brearley *et*

*al.*, 2012). Además, es importante destacar que si el tlacuache es una especie susceptible a ser huésped de ectoparásitos de otras especies (así como otros mamíferos), gran parte de esto se debe a las actividades antropogénicas y si bien es cierto que los tlacuaches pueden contraer ciertos parásitos por ser también depredadores, ellos también son presas por animales ferales e incluso por los humanos en donde son cazados para su consumo. Por último, considero esencial volver a mencionar en este apartado la importancia de los tlacuaches en los ecosistemas, son controladores de plagas y se encargan de la dispersión de semillas de diferentes plantas, por lo tanto, contribuyen de manera positiva en la reforestación de sitios fragmentados (Bezerra-Santos *et al.*, 2021).

#### **6.9. Afectaciones de la pandemia por SARS-COV-2 (Covid-19)**

Usui *et al.* (2021) mencionan que los mamíferos no humanos están interconectados con las sociedades humanas y como resultado de la pandemia por Covid-19 las actividades humanas pararon y, por ende, existieron afectaciones hacia otros animales como por ejemplo la reducción de alimentos, porque muchas poblaciones de mamíferos silvestres se alimentan de la comida desperdiciada por los humanos o incluso reciben alimentos de manera directa. De esta manera el comportamiento de los mamíferos silvestres se ve modificado (Vardi *et al.*, 2021). Esta situación se pensó como posible explicación para este trabajo, puesto que sólo se capturó un ejemplar en la FC, no obstante, en un trabajo realizado por Glebskiy *et al.* (2023) compararon poblaciones de *D. virginiana* en áreas urbanas y no urbanas con y sin actividad humana en dos períodos: el primero fue durante el aislamiento humano que va desde diciembre del 2020 a marzo del 2021 y el siguiente

fue en noviembre del 2022 a febrero 2023 donde ya hay actividad humana. Este estudio tomo en cuenta como sitios urbanos los edificios y el estacionamiento de la FC, y como sitios no urbanos la REPSA. Lo que se encontró fue que la presencia de personas por sí solas no tienen un efecto en la población de tlacuaches en los edificios de la FC, pero si hubo un declive en sus capturas en el estacionamiento con el regreso de la población humana, siendo los vehículos un instrumento importante para aumentar la mortalidad de estos animales. Esto también concuerda con otros animales que se encuentran en esta zona, pues en la ciudad de México se encontró un efecto significativo y positivo entre la densidad poblacional humana y el número de registros de cacomixtles (Tzintzun-Sánchez, 2022). Con esto, se busca exponer que los efectos de la urbanización en poblaciones de mamíferos son variables y multifactorial.

## 7. CONCLUSIONES

A lo largo del período valorado de este trabajo se brinda una fotografía de cómo estuvo conformada la comunidad de ectoparásitos en tlacuaches. En ella se observó que la urbanización aumenta la severidad e intensidad de los ectoparásitos, y muestra evidencias de que ésta se encuentra asociada a una disminución en la riqueza de artrópodos epizoicos. Además de que se muestra un patrón inverso con la prevalencia, pues esta variable no es dependiente de los diferentes sitios. También se mostró evidencia de que los rasgos del huésped, como el peso y la edad afectan la infestación de ectoparásitos.

Se encontró que (1) el peso y la edad, (2) el peso y el porcentaje de área cubierta de sarro en los dientes, estaban correlacionadas de manera positiva y significativa.

Este trabajo consigna que la comunidad de ectoparásitos asociados a los tlacuaches de Ciudad Universitaria se conforma por pulgas (99%) y garrapatas (1%), entre los que domina la pulga del gato, *Ctenocephalides felis*, una especie generalista que se encuentra en todas partes.

Los ectoparásitos asociados a los tlacuaches representan un posible riesgo en el bienestar de los humanos y otros animales, sin embargo, estos ectoparásitos también se encuentran en otros mamíferos, precisamente las pulgas *C.felis* y *E. gallinacea*, que son las pulgas con mayor severidad también se encuentran en perros y gatos ferales y domésticos, por lo tanto, es importante cambiar la perspectiva de que una sola especie es la responsable de la transmisión de patógenos.

Por consiguiente, este trabajo brinda una base datos que permitirá contribuir a trabajos futuros relacionados con la ecología de los ectoparásitos y el diseño de modelos

de *hotspots* para enfermedades zoonóticas. Es importante seguir realizando este tipo de trabajos porque, de esta manera, se podrá comparar los efectos ocasionados durante y después de la pandemia por Covid-19. De ser así, se podrían ver cambios en las poblaciones de tlacuaches en los tres sitios de estudio, y, por lo tanto, cambios en las comunidades de ectoparásitos o de artrópodos epizoicos.

## REFERENCIAS

- AbouLaila, M. y Menshawy, S. (2020). Infection rate and molecular characterization of *Echidnophaga gallinacea* in chickens from Matrouh Governorate, Egypt. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, 22, 100457. DOI: 10.1016/j.vprsr.2020.100457
- Acosta, R. (2005). Relación huésped-parásito en pulgas (Insecta: Sifonáptera) y roedores (Mammalia: Rodentia) del estado de Querétaro, México. *Folia Entomológica Mexicana*, 44(1), 37-47.
- Aguilar-Montiel, F., Estrada-Torres, A., Acosta, R., Rubio-Godoy, M. y Vázquez, J. (2019). Host species influence on flea (Siphonaptera) infection parameters of terrestrial micromammals in a temperate forest of Mexico. *Parasitology*, 146(5), 670-677. DOI: 10.1017/S0031182018001981
- Amador-Alcalá, S., Naranjo, E.J. y Jiménez-Ferrer, G. (2013). Wildlife predation on livestock and poultry: implications for predator conservation in the rainforest of south-east Mexico. *Fauna & Flora International, Oryx*, 47(2), 243-250. DOI: 10.1017/S0030605311001359
- Anderson, J.F. (2002). The natural history of ticks. *Medical Clinics of North America*, 86(2), 205-218. DOI: 10.1016/s0025-7125(03)00083-x
- Aranda Sánchez, J.M. (2012). Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), México, D.F. México. DOI: 10.5962/bhl.title.113211
- Arenas Pérez, P. A. (2016). Seroprevalencia de rabia y *Leptospira* en poblaciones de perros de libre rango (*Canis familiaris*) y tlacuaches (*Didelphis spp.*) que habitan dos reservas ecológicas. Tesis de Maestría en Medicina Veterinaria y Zootecnia (Ciencias de la producción y de la Salud Animal). Universidad Nacional Autónoma de México, México. . <http://132.248.9.195/ptd2016/agosto/0748648/Index.html>

- Beatty, W. S., Beasley, J.C., Dharmarajan, G. y Rhodes, O.E. (2012). Genetic structure of a Virginia opossum (*Didelphis virginiana*) population inhabiting a fragmented agricultural ecosystem. *Canadian Journal of Zoology*, 90(1), 101-109. DOI:10.1139/z11-119
- Bezerra-Santos, M.A., Nascimento Ramos, R.A., Kanadani Campos, A., Dantas-Torres, F. y Otranto, D. (2021). *Didelphis* spp. opossums and their parasites in the Americas: A one health perspective. *Parasitology Research*, 120, 4091-4111. DOI:10.1007/s00436-021-07072-4
- Bittencourt, E. B. y Rocha, C.F.D. (2002). Spatial use of rodents (Rodentia: Mammalia) host body surface by ectoparasites. *Brazilian Journal of Biology*, 62(3), 419-425. DOI:10.1590/s1519-69842002000300004
- Bize, P., Jeanneret, C., Klopfenstein, A. y Roulin, A. (2008). What makes a host profitable? Parasites balance host nutritive resources against immunity. *The American Naturalist*, 171(1), 107-118. DOI:10.1086/523943
- Boughton, R.K., Atwell, J.W. y Schoech, S.J. (2006). An introduced generalist parasite, the sticktight flea (*Echidnophaga gallinacea*), and its pathology in the threatened Florida scrub-jay (*Aphelocoma coerulescens*). *Journal Parasitology*, 92(5), 941-948. DOI: 10.1645/GE-769R.1
- Bradley, C.A. y Altizer, S. (2007). Urbanization and the ecology of wildlife diseases. *Trends in Ecology and Evolution*, 22(2), 95-102. DOI: 10.1016/j.tree.2006.11.001
- Brearley, G., Rhodes, J., Bradley, A., Baxter, G., Seabrook, L., Lunney, D., Liu, Y. y McAlpine, C. (2012). Wildlife disease prevalence in human-modified landscapes. *Biological Reviews*, 88(2), 427-442
- Brinkerhoff, R.J., Makerson, A.B., Knouff, J.H., Gage, K.L. y Monteneri, J.A. (2006). Abundance patterns of two *Oropsylla* (Ceratophyllidae: Siphonaptera) species on black-tailed prairie dog (*Cynomys ludovicianus*) hosts. *Journal of Vector Ecology*, 31(2), 355-363. DOI: 10.3376/1081-1710(2006)31[355:APOTOC]2.0.CO;2

- Bush, A.O., Lafferty, K.D., Lotz, J.C. y Shostak, A.W. (1997). Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis *et al.* Revisited. *Journal of Parasitology*, 83(4), 575. DOI:10.2307/3284227
- Cabrera Romo, S. y Hernández Pérez, E.L. (2021). Las vías de comunicación y la fauna feral. En: Benítez, J.A. y Escalona-Segura, G. Impacto de las vías de comunicación sobre la fauna silvestre en Áreas Naturales Protegidas. Estudio de caso para el sureste de México. (Eds). El Colegio de la Frontera Sur, México, Pp. 394-409.
- Castillo-Argüero, S., Martínez-Orea, Y., Romero-Romero, M.A., Guadarrama-Chávez, P., Núñez-Castillo, O., Sánchez-Gallén, I. y Meave, J.A. (2007). La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: aspectos florísticos y ecológicos. Coordinación de la Investigación Científica y SREPSA, Universidad Nacional Autónoma de México, [http://www.repsa.unam.mx/documentos/Castillo\\_et\\_al\\_2007-Aspectos\\_floristicos.pdf](http://www.repsa.unam.mx/documentos/Castillo_et_al_2007-Aspectos_floristicos.pdf)
- Castillo-Argüero, S., Montes-Cartas, G., Romero-Romero, M.A., Martínez-Orea, Y., Guadarrama-Chávez, P., Sánchez-Gallén, I. y Núñez-Castillo, O. (2004). Dinámica y conservación de la flora del matorral xerófila de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (D.F., México). *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 74, 51-75. DOI: 10.17129/botsci.1686
- Ceballos-González, G. y Galindo-Leal, C. (1984). Mamíferos silvestres de la Cuenca de México. Ed. Limusa. México. ISBN: 968-18-1700-1.
- Chao, L.L., Wu, W.J. y Shih, C.M. (2009). Molecular analysis of *Ixodes granulatus*, a possible vector tick for *Borrelia burgdorferi* sensu lato in Taiwan. *Experimental and Applied Acarology*, 48(4), 329-344. DOI: 10.1007/s10493-009-9244-4
- Che Lah, E.F., Yaakop, S., Ahamad, M., George, E. y Shukor, Md,N. (2016). Precise identification of different stages of a tick, *Ixodes granulatus* Supino, 1897 (Acari: Ixodidae). *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 6(7), 597-604. DOI: 10.1016/j.apjtb.2016.05.003

- Cooley, R.A. y Kohls, G. M. (1945). The genus *Ixodes* in North America. *National Institute of Health Bulletin* 184, 1-246. <https://hdl.handle.net/2027/coo.31924018446561>
- Cruz-Reyes, A. (2009) Fauna feral , fauna nociva y zoonosis. En: Lot A, Cano-Zantana, Z. (eds). Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, pp 453–461.
- Cruz-Salazar, B. y Ruíz-Montoya, L. (2020). Population viability analysis of common marsupials, *Didelphis marsupialis* and *Didelphis virginiana*, in a scenario of constant loss of native vegetation. *Mammalia*, 84(5), 2-8. DOI:10.1515/mammalia-2019-0130
- Cruz-Salazar, B., Ruíz-Montoya, L., Navarrete-Gutiérrez, D., Espinoza-Medinilla, E.E., Vázquez-Domínguez, E. y Bernardo Vázquez, L. (2014). Diversidad genética y abundancia relativa de *Didelphis marsupialis* y *Didelphis virginiana* en Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(1), 251-261. DOI:10.7550/rmb.36116
- Cruz-Vázquez, C., Castro-Gamez, E., Parada-Fernandez, M. y Ramos-Parra, M. (2001). Seasonal occurrence of *Ctenocephalides felis felis* and *Ctenocephalides canis* (Siphonaptera: Pulicidae) infesting dogs and cats in an urban area in Cuernavaca, Mexico. *Journal of Medical Entomology*, 38(1), 111-113. DOI: 10.1603/0022-2585-38.1.111
- Dallas, T.A., Laine, A.L. y Ovaskainen, O. (2019). Detecting parasites associations within multi-species host and parasites communities. *Proceedings of the Royal Society Proceedings B*, 286, 1-10. DOI: 10.1098/rspb.2019.1109
- Dryden, M. W. y Rust, M. K. (1994). The cat flea: biology, ecology, and control. *Veterinary Parasitology*, 52(1-2), 1-19. DOI:10.1016/0304-4017(94)90031-0
- Estébanes-González, M.L. y Cervantes, F. A. (2005). Mites and ticks associated with some small mammals in México. *International Journal of Acarology*, 31(1), 23-37. DOI:10.1080/01647950508684413
- Faeth, S.H., Warren, P.S., Shochat, E. y Marussich, W.A. (2005). Trophic dynamics in urban communities. *BioScience*, 55(5), 399. DOI:10.1641/0006-3568(2005)055

- Farahi, S., Shishehbor, P., Nemati, A. y Perotti, M.A. (2022). Mesostigmata diversity by manure type: a reference study and new datasets from southwestern Iran. *Experimental and Applied Acarology*, 86(4), 517-534. DOI:10.1007/s10493-022-00710-1
- Flores-Morales, I. (2023). Diversidad vegetal y animal de los pedregales remanentes de la Zona de Institutos de Investigaciones en Humanidades de Ciudad Universitaria, Ciudad de México, México. Tesis de Licenciatura (Biología). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 93 pp.
- Friggens, M.M. y Beier, P. (2010). Anthropogenic disturbance and the risk of flea-borne disease transmission. *Oecologia*, 164(3), 809-820. DOI: 10.1007/s00442-010-1747-5.
- Glebskiy, Y. y Cano-Santana, Z. (2021). Comparison of the efficiency and ethical implications of pitfall and Tomahawk traps on Virginia opossums (*Didelphis virginiana*). *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 37(1), 1-8. DOI:10.21829/azm.2021.3712375
- Glebskiy, Y., Acosta-Gutiérrez, R. y Cano-Santana, Z. (2021). *Plusaetis sibynus* (Siphonaptera: Ceratophyllidae): a new record of flea on *Didelphis virginiana*, with a checklist of fleas for this host. *Therya Notes*, 2(3), 151-155. DOI:10.12933/therya\_notes-21-53
- Glebskiy, Y., Acosta-Gutiérrez, R. y Cano-Santana, Z. (2022). Effect of urbanization on the opossum *Didelphis virginiana* health and implications for zoonotic diseases. *Journal of Urban Ecology*, 8(1),1-5. DOI:10.1093/jue/juac015
- Glebskiy, Y., Parra-Campos, D.A. y Cano-Santana, Z. (2023). We are not the problem; cars are evaluation of the effect of human activity in an urban area on possums health and population size. [Manuscrito sin publicar]
- Granados-Rigol, E., García-González, R., Herrero, J. y García-Serrano, A. (2022). Wild boar *Sus scrofa* Linnaeus, 1758 dental variability in two areas of the Iberian Peninsula. *Galemys*, 34, 7-19. DOI:10.7325/Galemys.2022.A2

- Guégan, J., Morand, S. y Poulin, R. (2005). Are there general laws in parasite community ecology? The emergence of spatial parasitology and epidemiology. En *Oxford University Press eBooks*, 22-42. DOI: 10.1093/acprof:oso/9780198529873.003.0003
- Guglielmone, A.A., Nava, S. y Robbins, R. (2021). Neotropical hard ticks (Acari: Ixodida: Ixodidae). Springer Nature, Switzerland. ISBN-e: 978-3-030-72353-8. DOI: 10.1007/978-3-030-72353-8.
- Guzmán-Cornejo, C. y Robbins, R.G. (2010). The genus *Ixodes* (Acari: Ixodidae) in Mexico: adult identification keys, diagnoses, hosts, and distribution. *Revista Mexicana de la Biodiversidad*, 81(2), 289-298. DOI: 10.22201/ib.20078706e.2010.002.254
- Guzmán-Cornejo, C., Rebollo-Hernández, A., Herrera-Mares, A., Muñoz-Leal, S., Del Castillo-Martínez, L., López-Pérez, A.M., Cabrera-Garrido, M. y Ocegüera-Figueroa, A. (2022). *Rickettsia* spp. in ticks from a tropical dry forest reserve on Mexico's Pacific Coast. *Ticks and Tick-borne Diseases*, 13(3), 101911. DOI: 10.1016/j.ttbdis.2022.101911.
- Guzmán-Cornejo, C., Robbins, R.G. y Pérez, T.M. (2007). The *Ixodes* (Acari: Ixodidae) of Mexico: parasite-host and host-parasite checklists. *Zootaxa*, 1553(1), 47-58. DOI:10.11646/zootaxa.1553.1.2
- Gyimesi, Z.S., Hayden, E.R. y Greiner, E.C. (2007). Sticktight flea (*Echidnophaga gallinacea*) infestation in a Victoria Crowned pigeon (*Goura victoria*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 38(4), 594-596. DOI: 10.1638/2007-0062.1
- Hassell, J.M., Begon, M., Ward, J.M. y Fevre, E.M. (2016). Urbanization and disease emergence: Dynamics at the wildlife-livestock-human in interface. *Trends in Ecology & Evolution*, 32(1), 55-67. DOI: 10.1016/j.tree.2016.09.012
- Hellard, E., Fouchet, D., Vavre, F. y Pontier, D. (2015). Parasite–parasite interactions in the wild: How to detect them? *Trends in Parasitology*, 31(12), 640-652. DOI: 10.1016/j.pt.2015.07.005
- Hennessey, M.K. y Farrier, M.H. (1989). Mites of the family Parasitidae (Acari: Mesostigmata) inhabiting forest soils of North and South Carolina. *Agricultural*

- Research Service. North Carolina Service Technical Bulletin 291, 1-78. North Carolina University.
- Hernández-Camacho, N., Vergara-Pineda, S., Acosta-Gutiérrez, R. y Jones, R.W. (2014). Nuevos registros de pulgas de tlacuaches *Didelphis virginiana* (Kerr 1792) en Querétaro, México. *Therya*, 5(1), 347-353. DOI:10.12933/therya-14-187
- Hernández-Valdivia, E., Cruz-Vázquez, C., Ortiz-Martínez, R., Valdivia-Flores, A. y Quintero-Martínez, M.T. (2011). Presence of *Ctenocephalides canis* (Curtis) and *Ctenocephalides felis* (Bouché) infesting dogs in the city of Aguascalientes, México. *Journal of Parasitology*, 97(6), 1017-1019. DOI:10.1645/ge-2701.1
- Hoffman, A. (1969). Un caso de parálisis por picadura de garrapata. *Revista Latinoamericana de Microbiología y Parasitología*, 11, 75-77.
- Hortelano-Moncada, Y., Pérez-Lara, S., Cervantes, F.A. y Gil-Alarcón, G. (2023). Tlacuaches y basura cero en Ciudad Universitaria. *Revista Digital Universitaria*, 24(1), 4-9. DOI: 10.22201/cuaieed.16076079e.2023.24.1.1
- Hrúzová, K. y Fendš, P. (2018). The family Parasitidae (Acari: Mesostigmata)-history, current problems, and challenges. *Acarologia*, 58(Suppl), 25-42. DOI:10.24349/acarologia/20184280
- Hsu, M.H., Hsu, T.C y Wu, W.J. (2002). Distribution of cat fleas (Siphonaptera: Pulicidae) on the cat. *Journal of Medical Entomology*, 39(4), 685-688. DOI:10.1603/0022-2585-39.4.685
- Imbert-Palafox, J.L., Tovar-Tomas, M.R., Peña-Rojas, A., Becerril-Flores, M.A., Molina-Trinidad, E.M., Piña-Ruíz, E.M. y Ruvalcaba Ledezma, J.C. (2018). Búsqueda del reservorio marsupial (*Didelphis marsupialis*) de la enfermedad de Chagas en el estado de Hidalgo, México. *Educación y Salud Boletín Científico de Ciencias de la Salud del ICSa*, 7(13), 77-81. . DOI: 10.29057/icsa.v7i13.3469
- Jiménez-Peñuela, J., Ferraguti, M., Martínez de la Puente, J., Soriguer, R. y Figuerola, J. (2019). Urbanization and blood parasite infections affect the body condition of wild

- birds. *Science of the Total Environment*, 651(2), 3015-3022. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.10.203
- Johnson, M.T.J. y Munshi-South, J. (2017). Evolution of life in urban environments. *Science*, 358(6363), eaam8327. DOI:10.1126/science.aam8327
- Kellner, K.F., Page, L.K., Downey, M. y McCord, S.E. (2012). Effects of urbanization on prevalence of *Baylisascaris procyonis* in intermediate host populations. *Journal of Wildlife Diseases*, 48(4), 1083-1087. DOI: 10.7589/2011-09-267
- Kennedy, C.R. (1975). *Ecological Animal Parasitology*. Blackwell Scientific Publication, London, England. UK. ISBN: 0-632-09030-8. [https://archive.org/details/ecologicalanimal0000kenn\\_k5y6](https://archive.org/details/ecologicalanimal0000kenn_k5y6)
- Koehler, P.G., Pereira, R.M. y Kaufman, P.E. (2018). Sticktight flea, *Echidnophaga gallinacea*. University of Florida, IFAS Extension. ENY-244. *ResearchGate*. Sitio web:[https://www.researchgate.net/publication/224497166\\_Sticktight\\_Flea\\_Echidnophaga\\_gallinacea](https://www.researchgate.net/publication/224497166_Sticktight_Flea_Echidnophaga_gallinacea)
- Kołodziej-Sobocińska, M. (2019). Factors affecting the spread of parasites in populations of wild European terrestrial mammals. *Mammal Research*, 64(3), 301-318. DOI:10.1007/s13364-019-00423-8
- Lah, E.F.C., Yaakop, S., Ahamad, M., George, E. y Nor, S. M. (2016). Precise identification of different stages of a tick, *Ixodes granulatus* Supino, 1897 (Acari: Ixodidae). *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 6(7), 597-604. DOI: 10.1016/j.apjtb.2016.05.003
- Lane, K., Holley, C., Hollocher, H. y Fuentes, A. (2011). The anthropogenic environment lessens the intensity and prevalence of gastrointestinal parasites in Balinese long-tailed macaques (*Macaca fascicularis*). *Primates*, 52(2), 117-128. DOI: 10.1007/s10329-010-0230-6
- Langton, R.W. (1982). Diet overlap between Atlantic cod *Gadus morhua*, silver hake, *Merluccius bilinearis*, and fifteen other northwest Atlantic finfish. *Fishery Bulletin*,

- 80(4), 745-759. <https://spo.nmfs.noaa.gov/sites/default/files/pdf-content/1982/804/langton.pdf>
- Lewis, R.E. (1972). Notes on the geographical distribution and host preferences in the order Siphonaptera.1. Pulicidae. *Journal of Medical Entomological*, 9(6), 511-520. DOI: 10.1093/jmedent/9.6.511
- Li-Lian, C., Wen-Jer, W. y Chien-Ming, S. (2009). Molecular analysis of *Ixodes granulatus*, a possible vector tick for *Borrelia burgdorferi* sensu lato in Taiwan. *Experimental and Applied Acarology*, 48, 329-344. DOI: 10.1007/s10493-009-9244-4
- Lot, A., Pérez-Escobedo, M., Gil-Alarcón, G., Rodríguez-Palacios, S. y Camarena, P. (2012). La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: Atlas de riesgos. SEREPSA. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.
- Margolis, L., Esch, G.W., Holmes, J.A., Kuris, A.M. y Schad, G.A. (1982). The use of ecological terms in parasitology (Report of an ad hoc Committee of the American Society of Parasitologists). *Journal of Parasitology*, 68(1), 131-133. DOI:10.2307/3281335
- Marshall, A.G. (1982). Ecology of insects ectoparasitic on bats. Cap. 10, p.p. 369-370. En In: Kunz, T.H. (eds.), *Ecology of Bats*. Springer, Boston, MA. DOI: 10.1007/978-1-4613-3421-7\_10
- Martínez-Flores, A. (2013). El ardillón (*Otospermophilus variegatus*) y sus ectoparásitos en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA), UNAM. Tesis de Licenciatura (Biología). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. <http://132.248.9.195/ptd2013/septiembre/0701131/Index.html>
- McCleery, R. (2010). Urban mammals. En: Aitkenhead-Petersen, J. y Volder, A. (eds.). *Urban Ecosystem Ecology*, Vol. 55, Cap. 5 p.p. 87-102. DOI: 10.2134/agronmonogr55.c5
- McKinney, M. L. (2006). Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation*, 127(3), 247–260. DOI:10.1016/j.biocon.2005.09.005

- Méndez, E. (1977). Mammalian-Siphonaptera associations, the environment, and biogeography of mammals of South-Western Colombia. *Quaestiones Entomologicae*, 13(2), 91-182. . <https://biostor.org/reference/194998>
- Mendoza-Hernández, P.E. y Cano-Santana, Z. (2009). Elementos para la restauración ecológica de pedregales: la rehabilitación de áreas verdes de la Facultad de Ciencias en Ciudad Universitaria. P.p. 523-532. En: Lot, A. y Cano-Santana, Z. (eds.). Restauración, Conservación y Manejo, Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel. CIC y SEREPSA, UNAM. Cd. de México, México. 523-532. [http://www.repsa.unam.mx/documentos/Mendoza-Hernandez\\_y\\_Cano-Santana\\_2009\\_Restauracion\\_FacCiencias.pdf](http://www.repsa.unam.mx/documentos/Mendoza-Hernandez_y_Cano-Santana_2009_Restauracion_FacCiencias.pdf) Sitio web: Mendoza-Hernandez\_y\_Cano-Santana\_2009\_Restauracion\_FacCiencias.pdf (unam.mx)
- Montiel-Parra, G., Paredes-León, R., Guzmán-Cornejo, C., Hortelano-Moncada, Y. y Pérez, T.M. (2009). Ácaros asociados a vertebrados. En: Lot, A. y Cano-Santana, Z., (eds.), Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel. Secretaria Ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y Coordinación de la Investigación Científica, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, 383-392. <https://www.researchgate.net/publication/282356097>
- Nava, S., Venzal, J.M., González-Acuña, D., Martins, T.F. y Guglielmone, A.A. (eds.). (2017). Chapter 1 - Tick classification, external tick anatomy with a glossary, and biological cycles. Cap. 1, p.p. 1-23. En: Ticks of the Southern Cone of America: Diagnosis, Distribution, and Hosts with Taxonomy, Ecology and Sanitary Importance. Academic Press. DOI: 10.1016/B978-0-12-811075-1.00001-7
- Ondrejková, K.P., Eren, G. y Açı, M. (2021). First record of *Poecilochirus necrophori* (Acari: Mesostigmata: Parasitidae) from Turkey and its importance in forensic acarology. *Acarological Studies*, 3(2), 96-100. DOI: 10.47121/acarolstud.911455
- Ottewell, K., Pitt, G., Pellegrino, B., Van Dongen, R., Kinloch, J., Willers, N. y Byrne, M. (2019). Remnant vegetation provides genetic connectivity for a critical weight

- range mammal in a rapidly urbanising landscape. *Landscape and Urban Planning*, 190, 103587. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2019.103587
- Pacheco Coronel, Noé. (2010). Estudio piloto de la frecuencia de parásitos en mamíferos ferales y silvestres en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de la UNAM. Tesis de Maestría en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Padullés-Cubino, J., Vila-Subirós, J. y Barriocanal-Lozano, C. (2015). Biodiversidad Vegetal y Ciudad: Aproximaciones desde la Ecología Urbana. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 68, 87-107. ISSN: 0212-9426. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5137130.pdf>
- Parman, D.C. (1923). Biological notes on the hen flea, *Echidnophaga gallinacea*. *Journal of Agricultural Research*, 23(18), 1007-1009. <https://eurekamag.com/research/013/319/013319494.php>
- Peniche-Lara, G., Ruíz-Piña, H.A., Reyes-Novelo, E., Dzúl-Rosado, K., y Zavala-Castro, J. (2016). Infection by *Rickettsia felis* in opossums (*Didelphis* sp.) from Yucataán, Meéxico. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de Sao Paulo*, 58(32), 1-4. DOI: 10.1590/S16789946201658032 <https://www.researchgate.net/publication/300366018>
- Pérez-Escobedo, M., Bernal-Legaria, V. y González-González, A.R. (2008). Qué hacer si encuentras un tlacuache. En: SEREPSA Manual de procedimientos del Programa de Adopción de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (PROREPSA). Secretaría Ejecutiva REPSA, Coordinación de la Investigación Científica, UNAM, D.F. México. 91-98.
- Pérez, T.M., Guzmán-Cornejo, C., Montiel-Parra, G., Paredes-León, R. y Rivas, G. (2014). Biodiversidad de ácaros en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(Supl. Biodiversidad de México), 399-407. DOI: 10.7550/rmb.36160

- Pérez-Osorio, C.E., Zavala-Velázquez, J.E., Arias-León, J.J. y Zavala-Castro, J.E. (2008). *Rickettsia felis* as emergent global threat for humans. *Emerging Infectious Diseases*, 14(7), 1019-1023. DOI: 10.3201/eid1407.071656
- Perotti, M. A. y Braig, H. R. (2009). Phoretic mites associated with animal and human decomposition. *Experimental and Applied Acarology*, 49, 85-124. <https://doi.org/10.1007/s10493-009-9280-0> DOI: 10.1007/s10493-009-9280-0
- Poulin, R. (2007). Interactions between Species and the Parasite Niche. Cap. 8, p.p. 188-208. En: Poulin, R. (ed). *Evolutionary Ecology of Parasites*. 2a ed. Princeton University Press. ISBN-e: 9781400840809. DOI: 10.1515/9781400840809.188
- Putman, B. J., Williams, R. J., Li, E. y Pauly, G. B. (2021). The power of community science to quantify ecological interactions in cities. *Scientific Reports*, 11(1), 3069. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82491-y> DOI: 10.1038/s41598-021-82491-y
- Plaza, P.I. y Lambertucci, S.A. (2017). How are garbage dumps impacting vertebrate demography, health, and conservation? *Global Ecology and Conservation*, 12, 9-20. DOI: 10.1016/j.gecco.2017.08.002
- R Core Team (2023). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Randolph, S.E. (2004). Tick ecology: processes and patterns behind the epidemiological risk posed by ixodid ticks as vectors. *Parasitology*, 129(S1), S37-S65. DOI: 10.1017/S0031182004004925
- Rangel-Espíndola, L.C. (2015). Campus Central de Ciudad Universitaria, un acercamiento a su historia cultural y patrimonial. Tesis de Licenciatura en Historia. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México, México. <http://132.248.9.195/ptd2015/agosto/0734150/Index.html>
- Reed, D.L, Hafner, M.S., Allen, S.S. y Smith, M. (2000). Spatial partitioning of host habitat by chewing lice of the genera *Geomydoecus* and *Thomomydoecus* (Phthiraptera: Trichodectidae). *Journal of Parasitology*, 86(5), 951-955. DOI:10.2307/3284804

- REPSA. (2006). Lineamientos para el desarrollo de actividades dentro de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria. En: Gaceta UNAM, No. 3,924: 22-24. [http://www.repsa.unam.mx/documentos/GacetaUNAM\\_2006-09-14-Lineamientos.pdf](http://www.repsa.unam.mx/documentos/GacetaUNAM_2006-09-14-Lineamientos.pdf)
- Roberts, M.L., Buchanan, K.L. y Evans, M.R. (2004). Testing the immunocompetence handicap hypothesis: a review of the evidence. *Animal Behaviour*, 68(2), 227-239. DOI: 10.1016/j.anbehav.2004.05.001
- Rohde, K. (1991). Intra- and interspecific interactions in low density populations in resource-rich habitats. *OIKOS*, 60(1), 91-104. DOI: 10.2307/3544997
- Rosas-Ronzón, M., Flores Peredo, R., y Mella-Méndez, I. (2017). El tlacuache: Ladrón del fuego. *La ciencia y el hombre*, 30(3), 48-51.
- Rueda-Salazar, A.M. y Cano-Santana, Z. (2009). Artropodofauna. En: Lot, A. y Cano-Santana, Z. (eds.). *Biodiversidad del Ecosistema del Pedregal de San Ángel*. P.p. 171-201. CIC y SEREPSA, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México. [http://www.repsa.unam.mx/documentos/Rueda-Salazar\\_y\\_Cano-Santana\\_2009\\_Artropodofauna.pdf](http://www.repsa.unam.mx/documentos/Rueda-Salazar_y_Cano-Santana_2009_Artropodofauna.pdf)
- Ruíz-Piña, H.A. y Cruz-Reyes, A. (2002). The opossum *Didelphis virginiana* as synanthropic reservoir of *Trypanosoma cruzi* in Dzidzilché, Yucatán, México. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 97(5), 613-620. . DOI: 10.1590/s0074-02762002000500003
- Ruíz-Piña, H.A., Puc-Franco, M.A., Flores-Abuxapqui, J., Vado-Solís, I. y Cárdenas-Marrufo, M.F. (2002). Isolation of *Salmonella enterica* and serologic reactivity to *Leptospira interrogans* in opossums (*Didelphis virginiana*) from Yucatán, México. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, 44(4), 235-237. DOI: 10.1590/S0036-46652002000400011
- Rust, M. K. y Dryden, M. W. (1996). The biology, ecology, and management of the cat flea. *Annual Review of Entomology*, 42(1), 451-473. DOI: 10.1146/annurev.ento.42.1.451

- Salceda-Sánchez, B. (2004). Clave para la identificación de adultos de las especies de pulgas (Insecta: Siphonaptera) comunes y de mayor importancia médica en México. *Folia Entomológica Mexicana*, 43(1), 27-41.
- Sánchez-Montes, S., Cabrera-Garrido, M.Y., Ríos-Muñoz, C.A., Lira-Olguín, A.Z., Acosta-Gutiérrez, R., Mata-Galindo, M., Hernández-Vilchis, K., Navarrete-Sotelo, D.M., Colunga -Salas, P., León-Paniagua, L. y Becker, I. (2019). Detection of Bartonella and Rickettsia in small mammals and their ectoparasites in México. *Therya*, 10(2), 69-79. DOI: 10.12933/therya-19-722 ISSN 2007-3364
- Santillán, M.L. (2017). Se les considera fauna feral, animales domésticos que han regresado a la vida silvestre. Ciencia UNAM. Dirección General de Divulgación de la Ciencia (DGDC). Sitio web: <https://ciencia.unam.mx/leer/668/abandono-de-perros-y-gatos-riesgo-ambiental-para-la-reserva-del-pedregal-de-san-angel>
- Shilereyo, M., Maggie, F., Ranke, P.S., Ogutu, J.O. y Røskft, E. (2022). Ectoparasite load of small mammals in the Serengeti ecosystem: effects of land use, season, host species, age, sex, and breeding status. *Parasitology Research*, 121, 823-838. DOI: 10.1007/s00436-022-07439-1
- Shilereyo, M., Maggie, F., Ranke, P.S., Ogutu, J.O. y Røskft, E. (2022). Ectoparasite load of small mammals in the Serengeti ecosystem: effects of land use, season, host species, age, sex, and breeding status. *Parasitology Research*, 121, 823-838. DOI: 10.1007/s00436-022-07439-1
- Siebe, C. (2009). La erupción del volcán Xitle y las lavas del pedregal hace 1670 +/- 35 años AP y sus implicaciones. P.p. 43-49. En: Lot, A. y Cano-Santana, Z. (eds). *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. SEREPSA, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México. [http://www.repsa.unam.mx/documentos/Siebe\\_2009\\_volcan\\_xitle.pdf](http://www.repsa.unam.mx/documentos/Siebe_2009_volcan_xitle.pdf)
- Simkova, A., Desdevises, Y., Gelnar, M. y Morand, S. (2000). Co-existence of nine gill ectoparasites (*Dactylogyrus: Monogenea*) parasitising the roach (*Rutilus rutilus* L.):

- History and present ecology. *International Journal for Parasitology*, 30(10), 1077–1088. DOI: 10.1016/S0020-7519(00)00098-9
- Smith, M.G., Blattner, R.J. y Heys, F.M. (1944). The isolation of the St. Louis encephalitis virus from chicken mites (*Dermanyssus gallinae*) in nature. *Science*, 100(2599), 362-363. DOI: 10.1126/science.100.2599.362
- Soliman, S., Marzouk, A.S., Main, A.J. y Montasser, A.A. (2001). Effect of sex, size, and age of commensal rat hosts on the infestation parameters of their ectoparasites in a rural area of Egypt. *Journal of Parasitology*, 87(6), 1308-1316. DOI: 10.2307/3285292
- Sponchiado, J., Melo, G.L., Martins, T.F., Krawczak, F.S., Jacinavicius, F.C., Labruna, M.B., Barros-Battesi, D.M. y Cáceres, N.C. (2016). Ectoparasites of small mammals: determinants of community structure in South American savannah. *Parasitology*, 144(4), 475-483. DOI: 10.1017/s0031182016001906
- Su, M., y Yang, Y. (2020). Parasite richness and network architecture jointly affect multihost community composition. *Physica A*, 540, 123213. DOI: 10.1016/j.physa.2019.123213
- Suzán-Azpiri, G., Galindo-Maldonado, F. y Ceballos-González, G. (2000). La importancia del estudio de enfermedades en la conservación de fauna silvestre. *Veterinaria México*, 31(3), 223-230. <https://www.medigraphic.com/pdfs/vetmex/vm-2000/vm003h.pdf>
- Tamay-Segovia, P., Blum-Domínguez, S.C., Núñez-Oreza, L.A., Martínez-Hernández, F., Gómez-Solano, M.I., Maldonado-Velázquez, M.G. y Retana-Guiascón, O.G. (2017). Presence of Virginia opossum (*Didelphis virginiana*) and Pic (*Triatoma dimidiata*) infected with *Trypanosoma cruzi* in urban areas: preliminary evaluation in the city of Campeche, Mexico. *Austral Journal of Veterinary Sciences*, 49(1), 35-58. DOI: 10.4067/s0719-81322017000100035

- Teshome, Z. y Girmany, T. (2015). Ectoparasites of small mammals: Ecology, infection and management changing world. *International Journal of Current Research*, 7(06), 17123-17128. <https://www.researchgate.net/publication/336411959>
- Turrini, T., Sanders, D. y Knop, E. (2016). Effects of urbanization on direct and indirect interactions in a tri-trophic system. *Ecological Applications*, 26(3), 664-675. DOI: 10.1890/14-1787
- Tzintzun-Sánchez, C.L. (2022). Efectos de la urbanización en la distribución geográfica y hábitos alimenticios del cacomixtle norteño (*Bassariscus astutus*) en la Ciudad de México, México. Tesis de Licenciatura (Biología). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. <http://132.248.9.195/ptd2022/noviembre/0832943/Index.html>
- Ungar, P.S. (2020). The trouble with teeth. *Scientific American*, 322(4), 44-49. DOI:10.1038/scientificamerican0420-44
- Usui, R., Sheeran, L.K., Asbury, A.M. y Blackson, M. (2021). Impacts of the COVID-19 pandemic on mammals at tourism destinations: a systematic review. *Mammal Review*, 51(4): 492-507. DOI: 10.1111/mam.12245
- Valerio, C.E. (1969). La gran capacidad adaptativa del zorro pelón (*Didelphis marsupialis* Linn). *Revista de la Universidad de Costa Rica*, 26.
- Vardi, R., Berger-Tal, O. y Roll, U. (2021). INaturalist insights illuminate COVID-19 effects on large mammals in urban centers. *Biological Conservation*, 254, 108953. DOI: 10.1016/j.biocon.2021.108953
- Vargas-Madriz, H., Acuña-Soto, J.S, Rodríguez-Bautista, G., Grifaldo-Alcántara, P.F., García-Escamilla, P. y Lázaro-Dzul, M.O. (2020). Fluctuacion poblacional de familias de ácaros asociados a plantas de zarzamora (*Rubus fruticosus* L.). *Ecosistemas y Recursos Agropecuario*, 7(2), e2435. DOI: 10.19136/era.a7n2.2435
- Villagrán, M.E., Martínez-Ibarra, J.A. y de Diego, J.A. (2011). Pathological alterations and prevalence of *Trypanosoma cruzi* in opossums from western Mexico. *Boletín de*

- Malariología y Salud Ambiental*, 51(1), 87-88.  
<https://www.researchgate.net/publication/292513371>
- Violante-González, J., Mendoza-Franco, E. F., Rojas-Herrera, A. A. y Guerrero, S.G. (2010). Factors determining parasite community richness and species composition in black snook *Centropomus nigrescens* (Centropomidae) from coastal lagoons in Guerrero, México. *Parasitology Research*, 107(1), 59-66. DOI: 10.1007/s00436-010-1834-x
- Wale, M. Bekele, A. y Yihune, M. (2023). Diversity of small mammal ectoparasite species and factors that affect their abundance in Chimit Kola, northwestern Ethiopia. *Global Ecology and Conservation*, 41, e02370. DOI: 10.1016/j.gecco. 2023.e02370
- Webster, K.N., Hill, N.J., Burnett, L. y Deane, E.M. (2014). Ectoparasite infestation patterns, haematology, and serum biochemistry of urban-dwelling common brushtail possums. *Wildlife Biology*, 20(4), 206-216. DOI: 10.2981/wlb.00027
- Wenzel, R.L. y Tipton, V.J. (1966). Some relationship between mammal hosts and their ectoparasites. P.p. 677-723. En: Wenzel, R.L. y Tipton, V.J. (eds.). *Ectoparasites of Panama*. Field Museum of Natural History. Chicago, Illinois.  
<https://biostor.org/reference/126633>
- Werner, C.S. y Nunn, C.L. (2020). Effect of urban habitat use on parasitism in mammals: a meta-analysis. *Proceedings of the Royal Society B*, 287(1927), 1-9. DOI: 10.1098/rspb.2020.0397
- Whiting, M.F., Whiting, A.S., Hastriter, M.W. y Dittmar, K. (2008). A molecular phylogeny of fleas (Insecta: Siphonaptera): origins and host associations. *Cladistics*, 24(5), 677-707. DOI: 10.1111/j.1096-0031.2008.00211.x
- Wright, J.D T., Burt, M. S. y Jackson, V. EL. (2012). Influences of an urban environment on home range and body mass of Virginia Opossums (*Didelphis virginiana*). *Northeastern Naturalist*, 19(1), 77-86. DOI: 10.1656/045.019.0106
- Ya-Li, W., Shi-Feng, H., Xue-Ling, Z., Hui-Mei, W., Hai-Yu, P., Guo-Hua, L. y Yuan-Ping, D. (2023). Complete bacterial profile and potential pathogens of cat fleas

*Ctenocephalides felis felis*. *Acta Tropica*, 243: 106923.  
DOI:10.1016/j.actatropica.2023.106923

Yeruham, I., Rosen, S. y Hadani, A. (1985). Mortality in calves, lambs and kids caused by severe infestation with the cat flea *Ctenocephalides felis felis* (Bouché, 1835) in Israel. *Veterinary Parasitology*, 30(4), 351-356. DOI: 10.1016/0304-4017(89)901052

Young, H.S., Dirzo, R., McCauley, D.J., Agwanda, B., Cattaneo, L., Dittmar, K., Eckerlin, R.P., Fleischer, R.C., Helgen, L.E., Hintz, A., Montinieri, J., Zhao, S. y Helgen, K.M. (2015). Drivers of intensity and prevalence of flea parasitism on small mammals in East African savanna ecosystems. *The Journal of Parasitology*, 101(3), 327-335. DOI: 10.1645/14-684.1

Zambrano, L., Aronson, M.F.J., y Fernández, T. (2019). The Consequences of landscape fragmentation on socio-ecological patterns in a rapidly developing urban area: A case study of the National Autonomous University of Mexico. *Frontiers in Environmental Science*, 7, 1-13. DOI:10.3389/fenvs.2019.00152

Zambrano, L., Rodríguez-Palacios, S., Pérez-Escobedo, M., Gil-Alarcón, G., Camarena, P. y Lot, A. (2016). La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: Atlas de Riesgos. 33 aniversario (1983-2016). CIC y SEREPSA, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.  
[http://www.repsa.unam.mx/documentos/Zambrano\\_et\\_al\\_2016\\_Atlas.pdf](http://www.repsa.unam.mx/documentos/Zambrano_et_al_2016_Atlas.pdf)

**ANEXO 1****Estimación de la probabilidad de pertenecer a una especie de parásito *i* en artrópodos observados, pero no recolectados en un espécimen de tlacuache**

Todos los artrópodos recolectados fueron identificados, por lo tanto, se conoce a qué especie pertenecen y con base en esta información, se realizó una estimación a que especie de ectoparásito pertenecen aquellos que fueron contados en 30 s. A continuación, se ofrece un ejemplo de uno de los tlacuaches capturados en este trabajo. En la primera captura del tlacuache 3, se contaron 14 artrópodos y únicamente se colectaron cuatro. De los recolectados, tres se identificaron como *Echidnophaga gallinacea* y el restante como *Ctenocephalides felis*, lo que corresponde en términos de porcentaje a un 75% para la pulga de la gallina y un 25% para la pulga del gato. Por lo tanto, de los 10 artrópodos contados se estima que ocho son *E. gallinacea* y dos *C.felis*.

## ANEXO 2

Número de artrópodos epizoicos recolectados en tlacuaches capturados en Ciudad Universitaria, Cd.Mx. entre mayo y diciembre del 2021. Entre paréntesis se señala el número de artrópodos observados y el número de días transcurridos desde la primera captura. Los tlacuaches 33 y 34 pertenecen a los muestreos piloto. Clave de especies capturados: Cf-*Ctenocephalides felis*, Eg-*Echidnophaga gallinacea*, Ps-*Plusaetis sibynus*, It – *Ixodes pos. tancitarium*, P-Parasitidae. El color indica los sitios en donde fueron capturados los tlacuaches: REPSA-verde, ZIIH-azul y FC-gris. TAC: Total de artrópodos recolectados. TAO: Total de artrópodos observados.

Núm. de huésped capturado (tlacuache)	Número de artrópodos recolectados y observados					TAC	TAO
	Captura I	Captura II	Captura III	Captura IV	Captura V		
1	2 (4) Cf	0 (0, 2 d) Cf	0 (0, 7 d)	1 (1, 15 d) Cf	–	3	5
2	4 (1) Cf	–	–	–	–	4	1
3	4(14) Cf, Eg	6 (10, 7 d) Cf	–	–	–	10	24
4	1 (0) Cf	–	–	–	–	1	0
5	3 (2) Cf, Eg	–	–	–	–	3	2
6	3 (2) Cf	–	–	–	–	3	2
7	0 (0)	3 (2, 9 d) Cf	0 (0, 12d)	1 (0,15 d) P	2 (1, 30 d) Cf	6	3
8	4 (4) Cf, Eg	–	–	–	–	4	4
9	1 (2) Cf	–	–	–	–	1	2
10	1 (0) Cf	–	–	–	–	1	0
11	1 (2) Cf	–	–	–	–	1	2
12	4 (3) Cf	–	–	–	–	4	3
13	7 (1) Cf	–	–	–	–	7	1
14	3 (1) Cf	–	–	–	–	3	1
15	2 (2) Cf	–	–	–	–	2	2
16	0 (0)	–	–	–	–	0	0

(Continuación).

Núm. de huésped capturado (tlacuache)	Número de artrópodos recolectados y observados					TAC	TAO
	Captura I	Captura II	Captura III	Captura IV	Captura V		
17	0 (0)	3 (9, 14 d) Cf	–	–	–	3	9
18	2 (0) Cf	1 (0, 7 d) Cf	–	–	–	3	0
19	0 (0)	–	–	–	–	0	0
20	0 (0)	–	–	–	–	0	0
21	4 (0) Cf	–	–	–	–	4	0
22	3 (0) Ps, Cf	–	–	–	–	3	0
23	0 (0)	–	–	–	–	0	0
24	1 (1) Cf	2 (2, 8 d) Ps, Cf	–	–	–	3	3
25	1 (1) Cf	0 (0, 6 d)	2 (0, 8 d) Cf, It	–	–	2	1
26	1 (1) Cf	–	–	–	–	1	1
27	0 (0)	–	–	–	–	0	0
28	1 (0) Cf	–	–	–	–	1	0
29	1 (1) Cf	0 (0, 15 d)	–	–	–	1	1
30	5 (3) Cf, Ps	1 (2, 10 d) Cf	–	–	–	6	5
31	0 (2)	–	–	–	–	0	2
32	3 (0) Cf	–	–	–	–	3	0
33	4 Cf	–	–	–	–	4	–
34	10 Cf, Eg	–	–	–	–	10	–

## ANEXO 3

Lista de patógenos con la capacidad de causar enfermedades a los humanos que pueden estar en los ectoparásitos recolectados en este trabajo. Las garrapatas del género *Ixodes* están asociadas a la transmisión de muchos patógenos, sin embargo, no se encontró en literatura de que *Ixodes tancitarius* sea vector de algún patógeno, pero Hoffman (1969) registra que esta especie estuvo implicada en la parálisis de un humano en Valle de Bravo, Estado de México.

Patógeno	Enfermedad	Vector
<i>Borrelia burgdorferi</i>	Lyme	Garrapatas <i>Ixodes</i> (Li-Lian <i>et al.</i> , 2009)
<i>Bartonella</i> spp.	Enfermedad por arañazo del gato	<i>Ctenocephalides felis</i> , <i>Echidnophaga gallinacea</i> (AbouLaila y Menshawy <i>et al.</i> , 2020; Ya-Li <i>et al.</i> , 2023)
<i>Rickettsia</i> spp.	Fiebre de las montañas rocosas, tifus murino, fiebre botonosa mediterránea	<i>Ctenocephalides felis</i> , <i>Echidnophaga gallinacea</i> , Garrapatas <i>Ixodes</i> (AbouLaila y Menshawy <i>et al.</i> , 2020; Guzmán-Cornejo <i>et al.</i> , 2022; Ya-Li <i>et al.</i> , 2023)
<i>Yersinia pestis</i>	Peste	<i>Ctenocephalides felis</i> , <i>Echidnophaga gallinacea</i> , (Boughton <i>et al.</i> , 2006; Sánchez-Montes <i>et al.</i> 2019; Ya-Li <i>et al.</i> , 2023)
<i>Acinetobacter baumannii</i>	Neumonía, meningitis, sepsis y heridas	<i>Ctenocephalides felis</i> (Ya-Li <i>et al.</i> , 2023)
<i>Coxiella burnetii</i>	Fiebre Q	<i>Ctenocephalides felis</i> (Ya-Li <i>et al.</i> , 2023)
<i>Anaplasma phagocytophilum</i>	Anaplasmosis granulocítica	<i>Ctenocephalides felis</i> , Garrapatas <i>Ixodes</i> (Ya-Li <i>et al.</i> , 2023)
<i>Salmonella</i> spp.	Salmonelosis	<i>Ctenocephalides felis</i> (Ya-Li <i>et al.</i> , 2023)
<i>Dipylidium caninum</i>	Enfermedades gastrointestinales	<i>Ctenocephalides felis</i> , <i>Echidnophaga gallinacea</i> (AbouLaila y Menshawy <i>et al.</i> , 2020; Ya-Li <i>et al.</i> , 2023)
Babesia	Babesiosis	Garrapatas <i>Ixodes</i> (Che-Lah <i>et al.</i> , 2016)