

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



PREFERENCIA ALIMENTICIA EN POBLACIONES PERIDOMICILIARIAS DE
CULÍCIDOS EN ÁREA METROPOLITANA DE MONTERREY
NUEVO LEÓN

Por
LBG. DAMARIS ALEJANDRA LUIS SOLIS

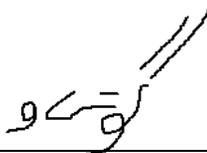
Como requisito parcial para obtener el grado de
MAESTRÍA EN ENTOMOLOGÍA MÉDICA
Y VETERINARIA

2022

PREFERENCIA ALIMENTICIA EN POBLACIONES PERIDOMICILIARIAS DE
CULÍCIDOS EN ÁREA METROPOLITANA DE MONTERREY

NUEVO LEÓN

Comité de Tesis



Dr. Gustavo Ponce García

Presidente



Dra. Adriana E. Flores Suárez

Secretario



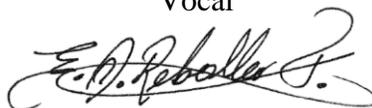
Dra. Beatriz López Monroy

Vocal



Dr. Ildefonso Fernández Salas

Vocal



Dr. Eduardo Rebollar Telléz

Vocal



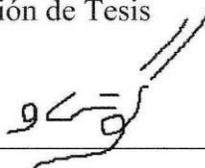
Dra. Katiushka Arévalo Niño

Subdirectora de Posgrado

PREFERENCIA ALIMENTICIA EN POBLACIONES PERIDOMICILIARIAS DE
CULÍCIDOS EN ÁREA METROPOLITANA DE MONTERREY

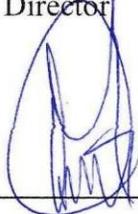
NUEVO LEÓN

Dirección de Tesis



Dr. Gustavo Ponce García

Director



Dr. Alberto Margarito García Munguía

Asesor externo

AGRADECIMIENTO

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada la cual me permitió llevar acabo mis estudios de Maestría en Entomología Medica y Veterinaria, y para la realización de esta tesis.

Al Programa de apoyo a la investigación científica y tecnológica (PAICYT) de la Universidad Autónoma de Nuevo León por el apoyo económico que brindo al proyecto de investigación me permitió poder realizar esta investigación.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Saúl Lozano por donar las trampas BG-GAT® (Biogents) que fueron utilizadas para la recolección de mosquitos en este proyecto.

Al personal docente y administrativo de la Facultad de Ciencias Biológicas, así como a la Universidad Autónoma de Nuevo León le agradezco por todas las facilidades y atenciones que recibí durante mi estancia y desarrollo académico.

Al Laboratorio de Entomología Medica y Veterinaria, por todo el apoyo que me brindaron para la realización de este proyecto.

De manera especial, quiero expresar mi agradecimiento al Director y tutor de esta tesis al Dr. Gustavo Ponce García por todas sus aportaciones, su dirección y guía en el trabajo de tesis, por todos los consejos que me brindo, los conocimientos que me apporto y su ayuda en la supervisión y revisión de esta tesis en las diversas fases.

Dra. Adriana E. Flores Suárez le agradezco toda la ayuda que me brindo, su apoyo y consejos para la redacción de esta investigación.

Dra. Beatriz López Monroy por compartir sus conocimientos y por la buena disposición de apoyarme siempre.

Deseo agradecer a mis tutores el Dr. Ildefonso Fernández Salas, y el Dr. Eduardo Rebollar Téllez agradezco todo el apoyo que me brindaron a lo largo de este proyecto y por su orientación y los consejos que me dieron.

Al Dr. Jesús A. Dávila Barboza y a la Maestra Selene Gutiérrez Rodríguez por estar siempre apoyándome cuando los necesitaba y dispuestos a brindarme su guía a lo largo de todo este proceso.

También deseo expresar mi sincero agradecimiento a todos mis maestros los cuales a través de sus conocimientos han contribuido, me han apoyado y me han ayudado para poder concluir mis estudios de maestría.

Agradezco a mis compañeros del laboratorio de Entomología Medica y Veterinaria que me compartieron su amistad y que siempre estuvieron dispuestos a brindarme sus consejos,

ayuda y apoyo durante la realización de este proyecto de tesis, y por hacer más grata mi estancia en el laboratorio. En especial a Alan Esteban Juache por su apoyo, su tiempo y los consejos que me dedico mientras realizaba esta investigación.

Mi más sincero agradecimiento a mi amigo Azael Flores Treviño por apoyarme con toda la parte informática de este proyecto y siempre estar disponible para brindarme consejo y apoyo cuando más lo necesitaba y por su sincera amistad.

Y agradezco infinitamente a mi familia, a mi Padre el Sr. Jesús Luis Hinojosa, a mi Madre la Sra. María Esthela Solis Hinojosa y a mi hermana Dina Yadira Luis Solis por estar siempre a mi lado, ya que sin su apoyo, consejos y comprensión no hubiera finalizado este proyecto.

DEDICATORIA

A Dios

Por darme la oportunidad de vivir por todo lo que me permitió aprender de esta experiencia, por poner a muchas personas a mi lado y darme la oportunidad de concluir este objetivo.

A mis padres

Jesús Luis Hinojosa

María Esthela Solis Hinojosa

Por todas las cosas y valores que me han enseñado y siempre darme su ejemplo, les agradezco por darme la oportunidad de superarme a mí misma, por todos los esfuerzos y sacrificios que han hecho por mí y ser parte de mis propósitos, por siempre darme palabras de aliento para seguir adelante y siempre creer en mí, Gracias por todo con todo a mi corazón.

A mi hermana

Dina Yadira Luis Solis

Por el apoyo brindado todo este tiempo, su comprensión, por todos los momentos que compartimos juntas y ser siempre un apoyo para mí.

A mis amigos y familia

Que han estado a mi lado a lo largo de todo este proceso brindándome su apoyo incondicional y consejos.

Gracias por todo.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	3
Arbovirus En México	3
<i>Ae. aegypti</i>	4
<i>Ae. albopictus</i>	5
<i>Cx. quinquefasciatus</i>	7
Hematofagia De Mosquitos Vectores	8
Enfermedades Transmitidas Por Mosquitos	9
Situación sanitaria por COVID-19 en México	9
PREFERENCIA ALIMENTICIA	10
Identificación De Huéspedes En Ingesta Sanguínea	10
Análisis Por Ácidos Nucleicos	12
JUSTIFICACIÓN.....	14
HIPÓTESIS	15
OBJETIVO DEL TRABAJO	15
Objetivo general	15
Objetivos específicos	15
METODOLOGÍA.....	16
Área de estudio	16
Determinar la abundancia y distribución espacial de posibles huéspedes	17
Recolecta de mosquitos	17
Identificación de especie y el estado de sella de los mosquitos hembra	17
Extracción del ADN	18
Identificación de huéspedes	19
Análisis de datos	19
RESULTADOS	21
DISCUSIÓN.....	32
CONCLUSIONES	36
PERSPECTIVAS	36
BIBLIOGRAFIA	37
ANEXO	42
Carta de consentimiento	42

Encuesta: Registró Lugar Y Zona Colocación De Trampa.....	43
Encuesta: Revisión De Trampa.....	45
RESUMEN BIOGRÁFICO	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Primers utilizados en la PCR para la identificación de huésped, específicos para el gen mitocondrial citocromo b.	19
Tabla 2. Preferencia alimenticia de los mosquitos en San Nicolás de los Garza.	24
Tabla 3. Preferencia alimenticia de los mosquitos en Guadalupe.	25
Tabla 4. Preferencia alimenticia de los mosquitos colectados.	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de los AGEBS divididos en manzanas de San Nicolás de los Garza (1904600011623), Guadalupe (1902600011758) obtenidos del SCINCE del INEGI 2012	16
Figura 2. Hembras de <i>Ae. aegypti</i> a diferentes grados de digestión, según la escala de Sella (Santos et al. 2019).	18
Figura 3 Abundancia de posibles huéspedes dentro de la zona estudiada.	21
Figura 4. Abundancia de aves como posibles huéspedes dentro de la zona estudiada.	22
Figura 5. Grafica comparativa de la cantidad de especies de mosquitos recolectada en San Nicolás de los Garza y Guadalupe.	23
Figura 6. Área delimitada por AGEN de San Nicolás de los Garza y Guadalupe donde se realizó el estudio y ubicación de las muestras de <i>Ae. aegypti</i> , <i>Ae. albopictus</i> y <i>Cx. quinquefasciatus</i> .	23
Figura 7. Grafica circular con la cantidad de especies de mosquitos que fueron colectados durante 2020-2021.	26
Figura 8. Grafica de los estadios de Sella de los mosquitos que fueron colectados durante 2020-2021.	26
Figura 9. Densidad de colecta de hembras de mosquito 2020-2021 por meses.	27

Figura 10. Diagrama de ven que muestra la preferencia alimenticia de *Ae. aegypti*, así como sus ingestas múltiples. 29

Figura 11. Diagrama de ven que muestra la preferencia alimenticia de *Ae. albopictus*, así como sus ingestas múltiples. 30

Figura 12. Diagrama de ven que muestra la preferencia alimenticia de *Cx. quinquefasciatus*, así como sus ingestas múltiples. 31

LISTA DE SIMBOLOS Y ABREVIATURAS

%- Porcentaje

°C- Grado Centígrado

μL- Microlitros

Ae. aegypti- *Aedes aegypti*

Ae. albopictus- *Aedes albopictus*

AGEB- Área Geoestadística Básica

Agua MiliQ- Agua de grado molecular, libre de nucleasas

BG-GAT- Biogents (Trampa Gravid Aedes)

CENAPRECE- Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades

CSV- Valores separados por comas

Cx. quinquefasciatus- *Culex quinquefasciatus*

Cytb- Gen citocromo b

DCSA- Dengue Con Signos de Alarma

Denv- Serotipos del virus del dengue

DG- Dengue Grave

DNA- Ácido desoxirribonucleico

DNG- Dengue No Grave

FW- Primer forward

GB- Grindin Buffer

INEGI- Instituto Nacional de Estadística y Geografía

kb- Kilobases

m- Metros

min- Minutos

mL- Mililitros

NS1- Proteína no estructural 1 del virus del dengue.

NS5- Proteína no estructural 5 del virus del dengue

OMS- Organización Mundial de la Salud

OPS- Organización Panamericana de la Salud

pb- Pares de bases

PCR- Reacción en cadena de la polimerasa

RNA- Ácido ribonucleico

rpm- Revoluciones por minuto

RW- Primer reverse

SCINCE- Sistema de Consulta de Información Censal

seg- Segundos

SLEV- Virus de la encefalitis de St. Louis

TH- Transmisión Horizontal

TV- Transmisión Vertical

VNO- Virus del Nilo Occidental

RESUMEN

Los patrones de alimentación de sangre de los mosquitos proporcionan información sobre los ciclos de transmisión ecológica de los patógenos, ayudan a determinar el estado del vector en el mantenimiento y la transmisión epidémica de los arbovirus conduciendo a medidas más eficientes dentro del control de enfermedades y vectores en beneficio de la salud.

Para la colecta de mosquitos se utilizaron trampas BG-GAT® (Biogents) en área de estudio que fue seleccionada conforme la Guía Metodológica para la Vigilancia Entomológica con Ovitrampas del CENAPRESE. Estas trampas revisaron dos veces por semana y se identificaron la especie y el grado de Sella de las hembras utilizando claves dicotómicas y se almacenaron a -80 ° C. El ADN fue extraído con la técnica de extracción de sales por (Coen et al., 1982) y realizó una PCR utilizando cebadores de citocromo b específicos. El análisis de datos se realizó con el lenguaje R versión 4.0.2.

Para la determinación de la preferencia alimenticia, fueron colectados un total de 424 mosquitos hembras de los cuales 82.52% fueron *Ae. aegypti*, 4.85% *Cx. quinquefasciatus* y 12.62% *Ae. albopictus*. El resultado de los análisis de PCR indicaron que el 19% de los mosquitos de *Ae. aegypti* se alimentaron de sangre humana, un 35% perro, 28% aves y 19% gatos. Mientras que el 37% de los mosquitos de *Ae. albopictus* se alimentó de humanos, seguido de un 33% de aves, 25% perros y 6% gatos. Respecto a la especie *Cx. quinquefasciatus* las aves fueron su principal huésped con un 54%, 25% de las ingestas de sangre fue de perros, mientras que en los humanos y gatos 11%.

Los porcentajes de las alimentaciones múltiples que presentaron los mosquitos de cada especie se determinó que el 67% de las hembras de *Ae. aegypti* se alimentaron de un solo huésped principalmente el perro, el 27% de las hembras realizaron ingestas dobles, el 6% de las ingestas pertenecían a tres diferentes huéspedes y se reportó 1 ingesta de los 4 hospederos estudiados. En *Ae. albopictus* el 78% de los mosquitos alimentados se alimentaron de un solo hospedero siendo el ave y el humano los principales, el 11% de las ingestas fueron dobles y solo el 3% triples. En *Cx. quinquefasciatus* el 37% de los mosquitos analizados mostraron tener alimentación de un solo huéspedes alimentándose de aves y humanos siendo aves la principal con el 31% de estas ingestas, mientras que el 49% de los mosquitos mostraron ingestas dobles y 12% de ingestas de tres hospederos.

ABSTRACT

Mosquito blood-feeding patterns provide information on ecological transmission cycles of pathogens, help determine vector status in maintenance and epidemic transmission of arboviruses, leading to more efficient vector and disease control measures. for the benefit of health.

For the collection of mosquitoes, BG-GAT ® traps (Biogents) were used in the study area that was selected according to the Methodological Guide for Entomological Surveillance with Ovitrap of CENAPRISE. These traps were checked twice weekly and the species and Sella grade of females were identified using dichotomous keys and stored at -80°C. DNA was extracted with the salt extraction technique by (Coen et al., 1982) and performed a PCR using specific cytochrome b primers. The data analysis was performed with the R language version 4.0.2.

For the determination of food preference, a total of 424 female mosquitoes were collected, of which 82.52% were *Ae. aegypti*, 4.85% *Cx. quinquefasciatus* and 12.62% *Ae. albopictus*. The result of the PCR analyzes indicated that 19% of the *Ae. aegypti* fed on human blood, 35% dogs, 28% birds and 19% cats. While 37% of the *Ae. albopictus* fed on humans, followed by 33% birds, 25% dogs, and 6% cats. Regarding the species *Cx. quinquefasciatus* birds were its main host with 54%, 25% of the blood ingestions were from dogs, while in humans and cats 11%.

The percentages of multiple feedings that the mosquitoes of each species presented showed that 67% of the females of *Ae. aegypti* fed on a single host, mainly the dog, 27% of the females made double ingestions, 6% of the ingestions belonged to three different hosts and 1 ingestion of the 4 hosts studied was reported. In *Ae. albopictus*, 78% of the fed mosquitoes fed on a single host, with birds and humans being the main ones, 11% of the ingestions were double and only 3% triple. In *Cx. quinquefasciatus*, 37% of the mosquitoes analyzed showed feeding from a single host, feeding on birds and humans, birds being the main one with 31% of these ingestions, while 49% of the mosquitoes showed double ingestions and 12% ingestions of three hosts.

INTRODUCCIÓN

Los mosquitos son vectores de virus, bacterias, nematodos, protozoos y otros parásitos que pueden transmitirse y causar enfermedades o la muerte a animales y humanos. En el ciclo natural de los virus que son transmitidos por artrópodos, los huéspedes vertebrados están involucrados y sirven como reservorios de estos (Janssen et al., 2015).

Desde la perspectiva de las ramas científicas médica y veterinaria *Aedes aegypti* (L) y *Culex quinquefasciatus* (Say) son dos de los mosquitos vectores más importantes del Nuevo Mundo. Ambas fueron introducidas accidentalmente al hemisferio occidental y se han convertido en especies dominantes en entornos urbanos en todo su rango y pueden adaptarse hábilmente a entornos rurales y semirurales. *Ae. aegypti* es el vector principal de varios patógenos humanos importantes que se han vuelto endémicos como son los cuatro serotipos del virus del dengue, virus del zika, virus chikungunya y virus de la fiebre amarilla. Se alimentan preferentemente de humanos en toda su área de distribución (Fitzpatrick et al., 2019).

Mientras que *Cx. quinquefasciatus*, es vector del virus de la encefalitis de St. Louis (SLEV) y del virus del Nilo Occidental (VNO). En México y Estados Unidos, esta especie es uno de los principales vectores del VNO, pero a menudo no está claro qué hospederos vertebrados están involucrados en los ciclos de transmisión y que está dando lugar a un brote epidémico (Janssen et al., 2015) *Aedes albopictus* (S) es un mosquito nativo del sudeste asiático que habita en contenedores artificiales y en huecos de árboles, se ha extendido a áreas de África, Medio Oriente, Europa, El Caribe y América del Sur y del Norte.

En toda su área de distribución geográfica y aunque está naturalmente infectado con algunos arbovirus autóctonos, esta especie de mosquito no se ha asociado con epidemias de ningún arbovirus con la excepción del dengue en Hawái (Richards et al., 2006). Además, este tipo de mosquitos invasores con rangos geográficos en expansión pueden conducir a la transmisión epidémica de patógenos exóticos (Faraji et al., 2014).

Los patrones de alimentación sanguínea de los mosquitos vectores proporcionan información sobre los ciclos de transmisión ecológica de patógenos y conducen a medidas más eficientes de control de enfermedades y vectores en beneficio de la salud animal y humana. El comprender estos patrones de alimentación es de suma importancia para determinar el estado de vector en el mantenimiento y la transmisión epidémica de los arbovirus. Dado que estos

patrones de alimentación brindan información sobre los ciclos de transmisión ecológica de patógenos y conducen a medidas más eficientes de control de enfermedades y vectores en beneficio de la salud animal y humana (Faraji et al., 2014). Los estudios sobre el comportamiento de los mosquitos al alimentarse de sangre son fundamentales para comprender las relaciones huésped-vector y la dinámica de la transmisión de enfermedades (Janssen et al., 2015).

En base a los antecedentes expuestos los objetivos planteados en esta investigación son determinar la preferencia alimenticia de sangre de los culícidos y la abundancia y distribución espacial de posibles huéspedes humanos y animales domésticos en el exterior de las viviendas para poder comprender mejor las relaciones entre huésped-vector esperando que los patrones alimenticios de los diferentes culícidos encontrados dentro los municipios de San Nicolás de los Garza y Guadalupe dentro del área metropolitana de Monterrey, Nuevo León están en función de la cantidad y la variedad de los huéspedes que están disponibles.

ANTECEDENTES

Arbovirus En México

Debido al incremento en el tipo y número de cacharros acumulados en los patios de las viviendas (llantas, botellas, latas vacías, bebederos de animales, etc.) caracterizadas por niveles económicos y socioculturales bajos, así como el uso de contenedores de diversos contenedores para almacenar agua en los sitios en donde hay escasez de ella (pilas de cemento, tanques metálicos y otros) ha producido que el número de mosquitos en México se vea incrementado. Los mosquitos que nacen dentro de estos medios no encuentran barreras que les impida el contacto con los humanos debido a que las casas no cuentan mallas en las puertas y ventanas, por lo que si se encuentra una persona enferma dentro de estas zonas es suficiente para que inicie la transmisión de enfermedades y se establezcan de forma endémica en las grandes ciudades principalmente (Fernández-Salas, 1995).

Otro de los factores que también ha influido en el incremento de mosquitos es el cambio climático derivado del calentamiento global, debido a que se ha incrementado gradualmente la temperatura de las zonas que antes eran templadas, lo cual las ha convertido en áreas vulnerables a la infestación de vectores (Secretaria de Salud, 2014).

Los movimientos de las poblaciones entre ciudades y dentro de estas ha ayudado a la transición y dispersión de los distintos serotipos de los virus y enfermedades. Conforme al informe anual del 2012 de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), México ocupaba el segundo lugar de casos de dengue confirmados dentro de las Américas afectando a 29 estados, 928 municipios y 4,489 localidades de la república mexicana (Secretaria de Salud, 2014).

En el noroeste de México, específicamente en la zona metropolitana de Monterrey, N.L., las epidemias de dengue aparecen en las colonias de bajos recursos, en donde las amas de casa almacenan el agua de uso diario en toneles de 200 L y en otro tipo de recipientes, en los cuales se crían perfectamente las larvas del mosquito. Aunque la Secretaría de Salud estatal mantiene una campaña constante de aplicación de un larvicida granulado en todos los recipientes que pueden ser criaderos larvales, las poblaciones de adultos están presentes todo el año, manteniéndose latente la posibilidad de que se presenten los brotes de dengue, debido

a que el control que se ejerce sobre las poblaciones larvales no tiene un impacto inmediato sobre las poblaciones de adultos (Salas Luévano & Reyes Villanueva, 1994).

Ae. aegypti

La especie de mosquitos de *Ae. aegypti* es considerada la más peligrosa de las especies de mosquitos para la salud pública debido a su capacidad de transmitir el mayor número de enfermedades arbovirales al hombre. Esta especie se cree que fue introducida al continente Americano junto con las primeras incursiones de colonización, estableciéndose en los trópicos y subtropicos principalmente, llegándose a considerar una especie doméstica debido a sus hábitos que están relacionados estrechamente con los humanos, por lo que se encuentra principalmente en zonas urbanas, suburbanas y sus alrededores (Thirion Icaza, 2003).

Los depósitos de agua que se encuentran en objetos como recipientes como botellas, floreros y neumáticos entre otros le sirven para establecer sus criaderos a *Ae. aegypti* en agua limpia, con bajo contenido orgánico y sales disueltas, en donde depositan los huevos en la superficie del recipiente (Fernández-Marquetti-del- Carmen, 2008).

Generalmente, después de que las hembras ingieran sangre se desarrolla un lote de huevos, sin embargo, los mosquitos suelen alimentarse de sangre más de una vez entre cada postura de huevos, principalmente debido a que los mosquitos son interrumpidos antes de estar completamente llenos. Si las hembras se alimentan de manera escasa producirán menos huevos por lote o simplemente no los producen. *Ae. aegypti* ha demostrado la habilidad de incrementar o disminuir la duración de alimentación que requiere, esta habilidad tiene relación con las barreras fisiológicas del proceso de alimentación y tienen como consecuencia el aumentar la eficiencia del vector. Los mosquitos de *Ae. aegypti* no se aleja mucho de sus criaderos, algunos estudios nos indican que suelen alejarse entre 200 y 300 metros mientras que otros señalan que podrían alejarse hasta un kilómetro o más (Fernández-Marquetti-del- Carmen, 2008).

En óptimas condiciones de temperatura y alimentación el ciclo de huevo a adulto de *Ae. aegypti*, se completa en 10 días. El mosquito adulto emergente es de color negro, que se distingue por su marca en forma de “lira” en la parte dorsal del tórax, los colores oscuros en el abdomen y tarsómeros y sus escamas plateadas a lo largo del cuerpo (Darsie & Ward, 2005).

A nivel mundial, las enfermedades transmitidas por vectores registran altas tasas de morbilidad y mortalidad. Según la OMS, las enfermedades arbovirales (Arthropod-borne Viral) representan 17% del total de las enfermedades infecciosas en el mundo, con 1,000 millones de casos y un millón de defunciones anuales.

Actualmente, la enfermedad transmitida por vector con mayor crecimiento mundial es el dengue. Al igual que el virus del dengue, el del zika, el chikungunya y la fiebre amarilla son transmitidos por los mosquitos *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus*. Se estima que hay de 100 a 390 millones de casos de dengue al año, de los cuales 50,000 ingresan a un hospital, y 1,250 mueren (Uribe-Álvarez & Chiquete Félix, 2017).

El dengue es ocasionado por un virus del género flavivirus, de la familia Flaviviridae, el cual está constituido por una cadena sencilla de ARN positiva, envuelta con un genoma de 11 kb aproximadamente el cual posee una alta variabilidad. Estos arbovirus están agrupados en cuatro serotipos Denv-1, Denv-2, Denv-3 y Denv-4, estos serotipos poseen propiedades antigénicas e inmunológicas las cuales son otorgadas gracias a los antígenos estructurales (P, M, E) y a los no estructurales (NS1 a NS5) (Fajardo-Dolci et al., 2012).

Los mosquitos *Ae. aegypti* son conocidos por su eficiente 'capacidad vectorial' con una alta afinidad por la sangre humana, alta susceptibilidad a los cuatro serotipos del virus del dengue y una gran adaptación a la vida urbana estos se reproducen dentro y alrededor de las casas en recipientes de agua regulares o en recipientes de agua desechados. Debido a esta ubicación de desarrollo y su rango de vuelo limitado, las hembras de *Ae. aegypti* tienden a persistir en un ambiente domesticado. Por esta razón, se presume que los humanos son la causa principal de la propagación del dengue entre las comunidades (Murray et al., 2013).

Ae. albopictus

Aedes albopictus es un vector importante de arbovirus como el dengue y la encefalitis japonesa en Asia, y se asoció con dirofilariosis en perros en Italia. Si bien esta especie de mosquito no se considera un vector competente de dichas enfermedades en el continente americano, en condiciones experimentales se muestra competente para transmitir, al menos, 22 arbovirus, incluidos los cuatro serotipos del virus del dengue, el virus del Nilo Occidental y la fiebre amarilla. Aunque *Ae. albopictus* es un mosquito del sur de Asia, se propaga por

África, Europa, América del Sur y del Norte. Actualmente, su presencia se registra en regiones con temperaturas que van desde $-4,8^{\circ}\text{C}$ hasta 33°C (Monteiro et al., 2007).

La especie de mosquitos *Ae. albopictus* suele encontrarse con mayor frecuencia en zonas suburbanas y rurales en donde abunden los espacios abiertos con una gran cantidad de vegetación, esto se debe a que originalmente era una especie selvática que se criaba y alimentaba cerca de los bosques sin embargo se fue adaptando a las zonas domesticas por lo que sus principales habitadas actualmente son zonas abiertas con mucha vegetación rodeadas por edificios. Sin embargo, se han encontrado que pueden suponer en las ciudades con *Ae. aegypti* al reproducirse en llantas, fuentes, floreros, cubetas y tambos (Ponce et al., 2004).

Existen dos mecanismos por los que se pueden transmitir patógenos: La transmisión vertical (TV) se puede definir como la transferencia directa de un arbovirus de una generación a la siguiente y la transmisión horizontal (HT) abarca todos los demás modos de transmisión no parental, incluida la transmisión sexual y transmitida por vectores (Lequime et al., 2016).

Los virus transmitidos por artrópodos (arbovirus) se mantienen en un ciclo de transmisión alterna entre huéspedes vertebrados y vectores de artrópodos (Althouse & Hanley, 2015). La transmisión local de arbovirus depende de que los mosquitos hembras pican a un huésped infectado y luego sobreviva lo suficiente como para volver a picar. La probabilidad de que ocurran estas secuencias de picadura específicas depende del comportamiento del mosquito o de las preferencias innatas, la disponibilidad relativa del huésped y la longevidad del mosquito adulto (Goodman et al., 2018).

Su ciclo de vida es de alrededor de 12 días en condiciones óptimas de temperatura 25°C , al igual que otras especies de *Aedes*, la hembra deposita sus huevos de forma individual alrededor de los recipientes de agua a una distancia de la superficie, estos huevos pueden llegar a sobrevivir largos períodos de desecación sin pérdida de su viabilidad (Vélez et al., 1998).

Entre los factores que afectan al tamaño de los huevos y al tiempo de desarrollo se encuentra la temperatura y el aporte de nutrientes debido a que las larvas se desarrollaran más rápidamente si son colocadas en un recipiente con agua contaminada son en elevado contenido de materia orgánica mientras que si estas larvas son colocadas en recipientes con

falta de alimento o sobrepoblación se demoran en desarrollarse y aumenta su mortalidad, ya sea en el laboratorio o en el campo (Ponce et al., 2004).

Los mosquitos adultos de *Ae. albopictus* se diferencia morfológicamente por poseer una línea plateada longitudinal en el scutum y escamas oscuras en el clípeo a diferencia de *Ae. aegypti* la cual presenta una lira y escamas blancas. Así mismo las hembras de *Ae. albopictus* tienen comportamientos hematófagos diurnos y extra domiciliarios, sus picos mayores de picaduras se dan entre las 6 y 8 de la mañana y 4 a 6 de la tarde durante los meses de marzo, junio, julio, noviembre y diciembre y poseen un rango de vuelo corto de alrededor de 100 m (Vélez et al., 1998).

Las hembras se alimentan por primera vez dos días después de que emergen y se ha observado que suelen alimentarse de sangre en diversas oportunidades y de un amplio rango de hospederos entre los que se encuentran mamíferos y pájaros siendo una especie altamente antropofílica, lo cual aumenta su capacidad para transmitir diversas enfermedades entre sus huéspedes (Vélez et al., 1998).

Cx. quinquefasciatus

Culex quinquefasciatus, es un mosquito cosmopolita con distribución mundial, más frecuente en áreas tropicales y subtropicales en asociación con viviendas humanas (David et al., 2012). Es el mosquito del género *Culex* que se encuentra asociado con mayor frecuencia al hábitat humano tanto urbano como rural En México se le ha reportado en todo el país. Esta especie se ha relacionado con la transmisión de filarias como *Wuchereria bancrofti* y *Dirofilaria immitis*, del virus del Nilo occidental, *Plasmodium relictum* a aves y de los virus causantes de la encefalitis de San Luis y la encefalitis equina venezolana, entre otros. En áreas donde no existe riesgo de transmisión de agentes patógenos por parte de esta especie, constituye un problema de salud pública debido a la alergia ocasionada por su picadura y a las molestias causadas por las altas densidades de población que alcanzan, como (Salazar & Moncada, 2004).

Las hembras adultas ponen huevos preferentemente en hábitats permanentes relativamente grandes con altas concentraciones de materia orgánica en descomposición, como efluentes de aguas residuales y fosas sépticas. Sin embargo, los estadios inmaduros de esta especie se pueden encontrar en recipientes artificiales a menudo llenos de agua contaminada o rica en

materia orgánica, pero rara vez coexisten en el mismo recipiente con el vector del dengue *Ae. aegypti* (David et al., 2012).

En verano su ciclo de vida dura de 10 a 14 días. En algunas áreas se presenta actividad durante todo el año mientras que en otras las hembras hibernan. Es una especie de tamaño pequeño a mediano, presenta un anillo blanco ancho incompleto cerca de la porción media de la probóscide, el quinto tarsomero posterior presenta anillos de escamas pálidas basal y apicalmente, con escamas oscuras en la parte media. Reposan durante el día en gallineros, cobertizos de ganado y en la vegetación. Presentan actividad nocturna con el pico de oviposición unas dos horas después del atardecer y el de alimentación 1 hr después del crepúsculo (Solís Santamaria, 1995).

Hematofagia De Mosquitos Vectores

Uno de los factores de mayor importancia en la función vectorial de los mosquitos son los comportamientos hematofágos. En relación a lo anterior, la clase insecta se estima posee alrededor de uno a diez millones de especies de insectos de los cuales solamente alrededor 10,000 poseen hábitos hematofágos (McBride et al., 2014).

Los hábitos hematofágos son compartidos por las hembras de la mayoría de las especies de mosquitos, que utilizan la energía de la digestión de la sangre principalmente para la producción y maduración de los huevos, aumentando así su eficiencia reproductiva. La sangre puede provenir de diferentes fuentes como son peces, anfibios, reptiles y mamíferos. Aunque suelen tener una preferencia de huésped específica de la especie es una característica innata, con una base genética, pero que está modulada por factores que influyen en los patrones de búsqueda y elección del huésped, como las condiciones ambientales y las características del huésped (Santos et al., 2019).

Las principales estrategias para la detección de posibles huéspedes por parte de los mosquitos involucran la detección de pistas visuales y olfativas. Dióxido de carbono, ácido láctico, octenol entre otras moléculas son utilizadas como señales reconocidas por los mosquitos mediante receptores presentes en órganos quimiosensoriales (Day, 2005).

El contacto con diferentes huéspedes puede permitir el uso de nuevas especies de vertebrados en la transmisión de patógenos. Un uso de host menos diversificado permite que algunos

patógenos entren en contacto y se adapten a hosts específicos. Por otro lado, un comportamiento zoofílico oportunista puede conducir a la adaptación y transmisión de patógenos a diferentes especies de vertebrados.

Enfermedades Transmitidas Por Mosquitos

Los virus transmitidos por artrópodos (arbovirus) que son patógenos para los humanos pertenecen principalmente a cuatro géneros distintos de virus de ARN: alfavirus (p. Ej., chikungunya y virus de la encefalomiелitis equina del este), flavivirus (p. Ej., Zika, fiebre amarilla, dengue y virus del Nilo Occidental) Orthobunyavirus (p. Ej., Virus de la encefalitis de California) y flavivirus (p. Ej., Virus de la fiebre del Valle del Rift). Hay más de 530 arbovirus descritos, de los cuales aproximadamente cien son patógenos para los humanos. Los ciclos epidemiológicos de los arbovirus a menudo consisten en redes de transmisión complejas que involucran una variedad de huéspedes vertebrados y artrópodos hematófagos, generalmente conocidos como vectores, como mosquitos o garrapatas. Los seres humanos no están necesariamente en el centro de la red de transmisión y sólo pueden ser anfitriones incidentales (por ejemplo, el virus del Nilo Occidental) (Lequime et al., 2016).

Situación sanitaria por COVID-19 en México

Debido al distanciamiento social, el control de vectores se ha reducido al depender únicamente de la fumigación con vehículos y se han interrumpido las intervenciones intradomiciliarias o compuestas para destruir larvas o inspeccionar los criaderos, o la fumigación interna. El mantenimiento de espacios públicos y jardines y la recolección de posibles recipientes de agua se han reducido drásticamente. Todo esto tiene el potencial de dar una ventaja a los vectores del dengue. Los movimientos de población y la frecuencia de las interacciones son los principales impulsores de las epidemias. El distanciamiento social, aunque se considera que duplica la transmisión intradomiciliaria de dengue, reduce en gran medida la transmisión a nivel de población (Nacher et al., 2020).

La transmisión depende de la frecuencia de las picaduras de mosquitos y la incidencia de infección en las poblaciones de humanos y mosquitos, independiente de la duración de los contactos. Los mosquitos se mueven localmente, pero solo viajan distancias cortas, generalmente mucho menos que los humanos infectados que pueden extender el potencial

epidémico. Los estudios sugieren que el aumento de los movimientos de población debería aumentar el riesgo de epidemia (Nacher et al., 2020).

La emergencia sanitaria mundial producida por el virus del SARS-CoV-2 durante el 2020 y 2021 nos impide realizar las colectas de mosquitos de manera completa con base en la Guía de colecta entomológica (SINAVE, 2009) debido a que estas colectas no se pudieron realizar colectas intradomiciliarias y solo se realizaron en el peridomicilio.

PREFERENCIA ALIMENTICIA

Identificación De Huéspedes En Ingesta Sanguínea

Los hábitos hematófagos de mosquitos vectores se asocian a la transmisión horizontal de patógenos debido a que los individuos portadores son los encargados de infectar a huéspedes sanos (Ponlawat & Harrington, 2005; Slama et al., 2015).

El conocimiento de los hábitos de alimentación sanguínea de una especie de mosquito proporciona una idea de su potencial vectorial. El comportamiento de alimentación sanguínea puede influir en el potencial del vector dependiendo de los grupos de huéspedes vertebrados con los que el mosquito hace contacto. Si los hospedadores de reservorio y amplificación son el foco principal de la alimentación sanguínea del vector, aumenta la probabilidad de adquisición de patógenos por el vector. Además, el comportamiento de alimentación de un vector puede influir en la distribución espacial de una enfermedad (Richards et al., 2006).

Dentro de los principales métodos utilizados para la identificación de huéspedes seleccionados por mosquitos se encuentran: la observación directa de individuos alimentándose, evaluación de la atracción hacia trampas cebadas con atrayentes específicos a ciertas especies, características citológicas sanguíneas presentes en las ingestas, pruebas serológicas y la aproximación más reciente, los métodos moleculares (Ponlawat & Harrington, 2005).

Las hembras de *Ae. aegypti* poseen hábitos alimenticios hematófagos diurnos los cuales llevan a cabo cerca de los domicilios y poseen una gran afinidad de alimentación sobre la sangre humana. En el estudio realizado por (Fitzpatrick et al., 2019) en la parroquia de St. George, Granada se encontró que los mosquitos de *Ae. aegypti* se alimentaron principalmente

de humanos (70%), mangostas (18%), perros domésticos (6%), un gato doméstico (3%) y un ave no identificada (3%). Mientras que en un estudio realizado por (Ponlawat & Harrington, 2005) en el que se evaluaron la ingesta sanguínea de *Ae. aegypti* en 5 localidades de Tailandia el 99% de los mosquitos colectados se alimentó solamente de humanos. Y en el estudio de (Stenn et al., 2019) *Ae. aegypti* se alimentaba principalmente de mamíferos 61,5 y el 90,2 % de las comidas de sangre en los condados de Martin e Indian River, respectivamente, el resto eran mamíferos no humanos 12,5% en total y se detectó una harina de sangre aviar.

Mientras que *Ae. albopictus* en el estudio realizado por (Faraji et al., 2014) realizado en áreas urbanas y suburbanas en el noreste de Estados Unidos se encontró que los mosquitos de *Ae. albopictus* se alimentaron exclusivamente de huéspedes mamíferos con más del 90% de sus alimentos sanguíneos derivados de humanos (58,2%) y mascotas domesticadas (23,0%) gatos; y (14,6%) perros y no se detectaron harinas de sangre derivada de aves en ninguno de los *Ae. albopictus* probado. Y en el estudio realizado por (Ponlawat & Harrington, 2005) en Tailandia *Ae. albopictus* se alimentó completamente de humanos con un pequeño porcentaje de comidas de doble huésped 3,8% cerdo-humano y <1% de perro-humano y gato-humano.

De igual manera en el estudio realizado por (Richards et al., 2006) en vecindarios suburbanos en el condado de Wake, Raleigh, NC. Se obtuvo que su alimentación consistió principalmente de huéspedes mamíferos (83%). Los hospedadores mamíferos comunes incluyeron humanos (24%), gatos (21%) y perros (14%). Sin embargo, una proporción notable (7%) de harinas de sangre también se extrajo de huéspedes aviares.

Las hembras de *Cx. quinquefasciatus* se alimenta principalmente de aves, pero con facilidad pica a los mamíferos incluyendo perros, cerdos, bovinos, conejos y el hombre (Solis Santamaria, 1995). En el estudio realizado por (Garcia-Rejon et al., 2010) se encontró que el 82% de los mosquitos congestionados se habían alimentado de aves y el 18% se había alimentado de mamíferos. Los huéspedes vertebrados más frecuentes fueron galliformes (47,1%), passeriformes (23,8%), columbiformes (11,2%) aves y perros (8,8%). El índice sanguíneo humano general fue del 6,7%. La proporción total de forraje para los seres humanos fue de 0,1, lo que indica que los seres humanos no eran el huésped preferido en Mérida.

A diferencia del estudio realizado por (Janssen et al., 2015) en el que el 93,3% de los mosquitos se alimentan de mamíferos (humanos 65,4%, perros 23,2%, bovinos 2,2% y gatos 1,8%), el 6,5% de aves y el 0,2% de reptiles. Siendo los humanos y perros los principales huéspedes de *Cx. quinquefasciatus* en Chetumal y Cancún, Península de Yucatán. De igual forma en el estudio realizado por (Fitzpatrick et al., 2019) los mosquitos *Cx. quinquefasciatus* mostraron un alto porcentaje de preferencia por humanos al encontrarse que tomaron harina de sangre de siete especies de aves (51%), humanos (27%), gatos domésticos (8%), iguanas (5%), un perro doméstico (3%), una rata (3%) y una zarigüeya común (3%).

Se supone que las preferencias de alimentación del huésped específicas de especies de mosquitos influyen sustancialmente en las capacidades de los vectores, aunque la transmisión de patógenos está más probablemente influenciada por la disponibilidad del huésped en lugar de las preferencias de los vectores potenciales de las especies específicas del huésped (Zittraet al., 2017).

El contacto con diferentes huéspedes puede permitir el uso de nuevas especies de vertebrados en la transmisión de patógenos. Un uso de huéspedes menos diversificado permite que algunos patógenos entren en contacto y se adapten a hosts específicos. Por otro lado, un comportamiento zoofílico oportunista puede conducir a la adaptación y transmisión de patógenos a diferentes especies de vertebrados. Comprender los patrones de uso de los mosquitos por parte del huésped puede ayudarnos a comprender su historia de vida, así como el impacto de la elección del huésped en su supervivencia, reproducción y en la ecología de transmisión de los patógenos vectorizados por mosquitos (Santos et al., 2019).

Análisis Por Ácidos Nucleicos

El análisis molecular empleado para la identificación de huéspedes en ingesta sanguínea, se basa en la amplificación del ADN del huésped ingerido por mosquitos usando el método de Reacción en Cadena de la polimerasa (PCR) en diferentes condiciones de almacenamiento y niveles de digestión. En nuestro proceso el análisis de las harinas de sangre amplificó un fragmento mitocondrial. (Santos et al., 2019).

El DNA mitocondrial ofrece mayores ventajas a comparación del DNA nuclear como: mayor estabilidad para ser analizado después de largos periodos de tiempo, las mutaciones se fijan a una mayor velocidad, por lo tanto, permite una mejor identificación de especies, además de

que la mitocondria ocupa hasta el 17% del volumen celular total lo que facilita la detección en muestras de poca cantidad (Kirstein & Gray, 1999).

Dentro del DNA mitocondrial se encuentra el gen citocromo b. Este gen codifica para una proteína transmembranal localizada en la mitocondria que actúa como la central catalítica del complejo citocromo c ubiquinol reductasa encargado de transformar el potencial redox en potencial electroquímico por medio del movimiento de protones (Esposti et al., 1993). En cuanto a su secuencia de DNA, presenta regiones variables y conservadas lo que lo hacen un modelo para evaluar relaciones filogenéticas (Farias et al., 2001). Este gen posee la mayor cantidad de entradas en las bases bioinformáticas lo que permite identificar organismos por medio de secuenciación o, detección por PCR (Parson et al., 2000). Por lo tanto, el gen cytb será nuestro blanco implementando cebadores específicos de vertebrados.

JUSTIFICACIÓN

Mosquitos como *Ae. aegypti*, *Ae. albopictus* y *Cx. quinquefasciatus*, son los principales vectores de virus patógenos como el dengue, chikungunya, zika, fiebre amarilla y Oeste del Nilo, y existen diversos factores que influyen en la transmisión de estos arbovirus como son abundancia, la longevidad, la frecuencia de alimentación y la preferencia del huésped (Slama et al., 2015). Por lo que podemos decir que la preferencia de los mosquitos por la sangre humana aumenta el riesgo de que se transmitan estas enfermedades a los humanos (Fitzpatrick et al., 2019). En consecuencia, el conocimiento de la frecuencia del contacto humano-mosquito es importante y esencial para comprender el papel de los vectores en los ciclos de transmisión de enfermedades (Ponlawat & Harrington, 2005).

Aedes aegypti y *Cx. quinquefasciatus* son las especies de mosquitos dominantes en las áreas de estudio, sin embargo, no hay información disponible sobre la preferencia de huéspedes de estos vectores invasores donde los patógenos arbovirales como el dengue, el chikungunya y el virus zika son endémicos.

En *Ae. aegypti* se registra mayor preferencia por huéspedes humanos sobre otras especies de huéspedes, mientras que *Culex* se ha reportado que presentan mayor preferencia por las aves.

En el caso de *Ae. albopictus* este se ha caracterizado como un alimentador oportunista, que se alimenta principalmente de huéspedes mamíferos pero que ocasionalmente también adquiere sangre de fuentes aviares (Faraji et al., 2014), siendo considerado como un vector de menor importancia que *Ae. aegypti* en la transmisión del virus del dengue en áreas donde ambas especies son simpátricas. Sin embargo sigue siendo un vector de importancia dada su capacidad de transmitir de modo vertical y horizontal a los distintos serotipos del virus (Orta-Pesina H, 2005), y que se desconocen sus patrones de alimentación dentro de la zona metropolitana.

HIPÓTESIS

Los patrones alimenticios de los diferentes culícidos encontrados dentro del área metropolitana, están en función de la cantidad y la variedad de los huéspedes que estén disponibles.

OBJETIVO DEL TRABAJO

Objetivo general

- Determinar la preferencia alimenticia de sangre de los culícidos en Nuevo León para un mayor conocimiento de las relaciones entre huésped-vector.

Objetivos específicos

- Determinar la abundancia y distribución espacial de posibles huéspedes humanos y animales domésticos en cada vecindario mediante un censo.
- Determinar las especies de mosquitos colectadas en exterior de las casas, así como el estado de sella de las hembras.
- Determinar la preferencia alimenticia de los mosquitos *Ae. aegypti*, *Ae. albopictus* y *Cx. quinquefasciatus*. mediante la técnica de PCR, usando marcadores para citocromo b.
- Determinar si los mosquitos de *Ae. aegypti*, *Ae. albopictus* y *Cx. quinquefasciatus* están realizando ingestas de múltiples hospederos.

METODOLOGÍA

Área de estudio

De acuerdo con la Guía Metodológica para la Vigilancia Entomológica con Ovitrapas del CENAPRESE para poder realizar la recolecta de mosquitos primero se seleccionó un AGEB dentro de los municipios San Nicolás de los Garza (1904600011623) y Guadalupe (1902600011758) de la Zona Metropolitana de Monterrey en el estado de Nuevo León.

Posteriormente este se dividió en manzanas [Figura 1] y se colocaron las trampas cada 2 o 3 manzanas conforme el área lo permita, sin estar pegadas las manzanas o estar invadiendo otras rutas o áreas de colección, instalando 4 ovitrampas por manzana, colocando 1 trampa por vivienda habitada en el patio anterior o posterior.

Debido a la emergencia sanitaria que se ha visto a nivel mundial debido al SARS-CoV-2 durante el 2020 y el 2021 no fue posible realizar colecta de mosquitos en el interior de las viviendas, por lo que todos los mosquitos colectados por trampas o por aspiradores se encontraban en el exterior de las casas.

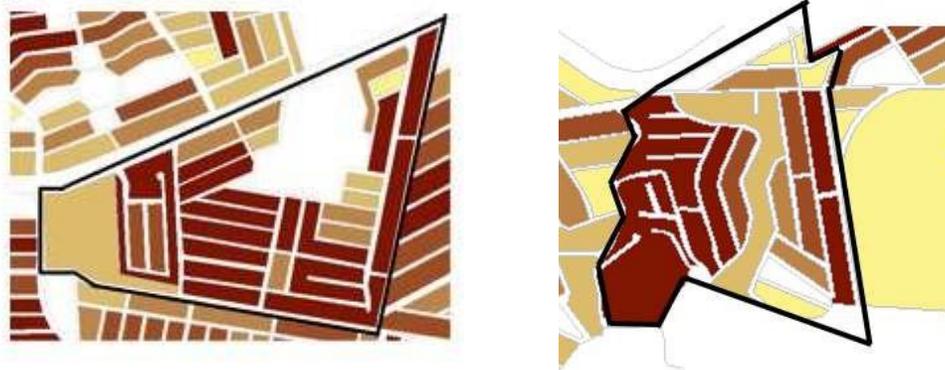


Figura 1. Mapa de los AGEBS divididos en manzanas de San Nicolás de los Garza (1904600011623), Guadalupe (1902600011758) obtenidos del SCINCE del INEGI 2012.

Al llegar a la vivienda, se explicó claramente a los propietarios en qué consiste el trabajo con ovitrampas y que visitas para obtener las lecturas, (colecta de muestra), se realizará una vez por semana, y el tiempo que se mantendrá la ovitrampa en su domicilio será de mínimo 3 meses y se firmaron las hojas de consentimiento antes de poder colocar la trampa.

Determinar la abundancia y distribución espacial de posibles huéspedes

Para poder determinar la cantidad de posibles huéspedes que se encuentre dentro del AGEB se aplicó una encuesta electrónica elaborada en google formularios para determinar la cantidad de posibles huéspedes dentro del área de estudio, en la cual se contaron la cantidad de personas que viven dentro de la vivienda donde se colocara la ovitrampa así como el número y tipo de mascotas que tienen, de igual forma se contará un aproximado de las aves y animales que se observaron alrededor de la vivienda. En esta encuesta también se registraron la cantidad de posibles criaderos para los culícidos y se evaluó la condición de la vivienda basadas en encuestas del CENAPRESE las cuales se encuentran dentro del anexo.

Recolecta de mosquitos

Dentro de la zona seleccionada se escogieron las viviendas conforme a la guía del CENAPRESE. Después de contar con la autorización de los habitantes de las viviendas para la colocación y el monitoreo de las trampas, y de realizar un censo aproximado de la cantidad de los posibles huéspedes ubicados dentro de esta, se colocaron las trampas en los patios de las viviendas, siguiendo las recomendaciones del fabricante.

El proceso de colecta se llevó a cabo en los meses de agosto a diciembre del 2020 y de abril a octubre 2021 a través del uso de trampas BG-GAT® (Biogents) y por medio de aspiración en el exterior, dos veces por semana, los mosquitos encontrados fueron extraídos y colocados en tubos debidamente rotulados y transportados al laboratorio en un recipiente térmico con hielos.

Identificación de especie y el estado de sella de los mosquitos hembra

Utilizando una superficie refrigerada y un microscopio estereoscópico, se identificaron la especie de las hembras congestionadas utilizando las claves dicotómicas [Darsie y Ward 2005], y se identificó el grado de digestión en la sangre congestionada según la escala de Sella, de a Detinova (Figura 2) (Santos et al. 2019). Las hembras clasificadas entre 2 y 7 se alojaron en microtubos individuales y se almacenaron a -80°C hasta el análisis molecular de sus harinas de sangre y se registraron los datos de esta clasificación.

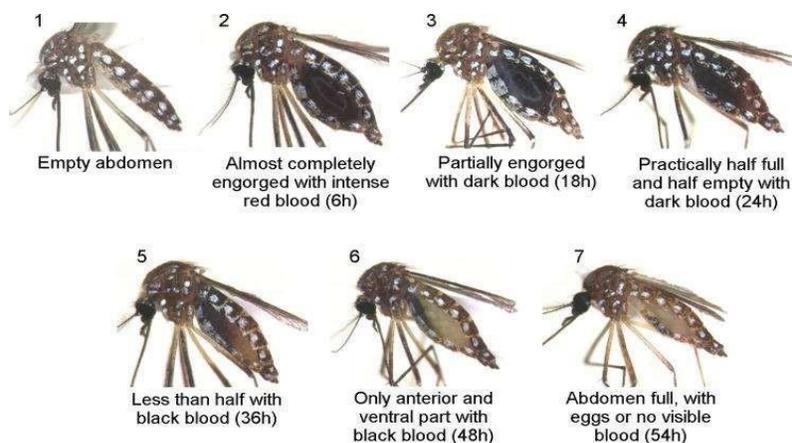


Figura 2. Hembras de *Ae. aegypti* a diferentes grados de digestión, según la escala de Sella (Santos et al. 2019).

Extracción del ADN

Usando pinzas y minuten, se retiró el abdomen de cada hembra analizada y se colocó en tubos de 1.5 mL de fondo cónico en donde se realizó la extracción del DNA, siguiendo el protocolo de la técnica de extracción de sales por Coen y colaboradores (1982).

Primeramente, se añadieron 50 μ L de Buffer de extracción (Grindin Buffer) y se maceraron los abdómenes individualmente por completo utilizando pistilos Kontex, se recuperaron los restos del mosquito atrapados en el pistilo agregando 50 μ L más de GB. Se retiraron los pistilos y las muestras fueron centrifugadas durante 2 minutos a 13,000 rpm, una vez hecho esto, las muestras se incubaron a 65°C por 30 minutos. Transcurrido el tiempo de incubación, se centrifugaron durante 1 minuto a 13,000 rpm para bajar las gotas formadas, y se añadieron 15 μ L de acetato de potasio, se llevaron a vortex (10 seg) y se almacenaron a temperatura de -20°C durante 20 minutos.

Transcurrido el segundo tiempo de incubación las muestras se centrifugaron por 15 minutos a 13,000 rpm y se transfirieron 80 μ L del sobrenadante a un nuevo tubo estéril igual que el tubo anteriormente utilizado debidamente etiquetado y se le agrego EToH al 100% frio y se dejó a -20 toda la noche. Posteriormente se realizaron 3 lavados con etanol al 70%, cuidando el pellet formado en cada ciclo de centrifugación (5 minutos 13,000 rpm), una vez terminaron los lavados se secaron utilizando Speed-Vac de 1 a 3 minutos, y se re suspendió los pellets obtenidos con 50 μ L de agua MiliQ (Grado molecular, libre de nucleasas).

Este ADN extraído se conservó a -20°C hasta su análisis, la calidad, la concentración y la pureza del mismo se determinó utilizando el equipo NanoDrop® 2000 spectrophotometer (Rhode Island, USA).

Identificación de huéspedes

Una vez realizada la extracción del DNA se llevaron a cabo las reacciones de PCR para la identificación de huéspedes. Para la identificación del origen de la ingesta sanguínea se utilizaron cebadores específicos para el gen mitocondrial citocromo b. Los cebadores que fueron utilizados para tales reacciones se muestran en el siguiente cuadro.

Tabla 1. Primers utilizados en la PCR para la identificación de huésped, específicos para el gen mitocondrial citocromo b.

Huésped	Cebador	Amplicón
Humano	FW CTCTTCCTACACATCGGGCG	691 pb
	RV GTGATTGGCTTAGTGGGCGA	
Perro	FW TATTCGCAACCATAGCCACA	204 pb
	RV TGAAAGGGAGGATGAAATGG	
Gato	FW CGGCTCCTACACCTTCTCAG	220 pb
	RV TCGTGTTAGGGTGGCTTTGT	
Aves	FW GAAACTTCACCCAGCAA	200 pb
	RV AGAGGGCGGAAGGTTATTGT	
Paseriformes	FW GGGGAGAATAGKGCTAGGGTTG	165 pb
	RV GGGGAGAATAGKGCTAGGGTTG	
Columbiformes	FW CTMACMGGMYTACTACTMGCCG	333 pb
	RV GGTTTGGCCAATGTAGGGGAC	
Ardilla	FW TCTGGGGTGCAACAGTCATC	365 pb
	RV AGGGTTGGCAGGGGTATAGT	

Los datos obtenidos se registraron en la segunda encuesta en donde clasificaron los mosquitos utilizados.

Análisis de datos

Para el análisis de los datos se utilizó el lenguaje de programación R versión 4.0.2 implementando la librería ggplot2 versión 3.3.2 generando las tablas tipo CSV obtenidas al recabar los datos mediante las encuestas personalizadas realizadas en google formularios en

donde se describe la información de los posibles hospederos que se encuentran dentro de la zona estudiada y la clasificación por especies de los mosquitos y la cantidad hospederos de los cuales se alimentaron los culícidos analizados obtenidos a través de la PCR, estas tablas fueron utilizadas para generar gráficos a través de infogram.

RESULTADOS

De acuerdo con las encuestas realizadas para determinar la cantidad de posibles huéspedes dentro de los AGEB en la figura 3 se muestran los principales grupos determinados aves con un 45% de abundancia dentro de las cuales (Figura 4) el 69% pertenecen a la familia *Columbidae*, y 31% a la *Passeridae*, seguidas de humanos con un 39%, perros con un 11% y de gatos en un 4% para el municipio de San Nicolás de los Garza, mientras que para el municipio de Guadalupe se encontró como grupos principales las aves con el 44% dentro de las cuales el 35% pertenecen a la familia *Passeridae* y el 65% a la *Columbidae* (Figura 4), seguidas de los humanos con el 25%, al ser esta una zona suburbana se logró observar una alta cantidad de ardillas representando al 15% de las especies seguidas de perros con el 10% y al final los gatos con un 5% (Figura 3).

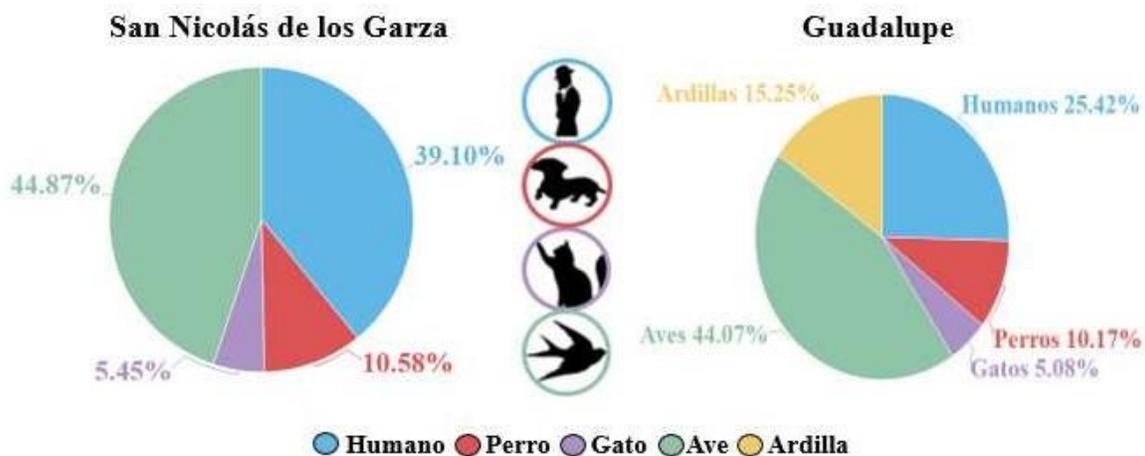


Figura 3. Abundancia de posibles huéspedes dentro de la zonas de San Nicolás de los Garza y Guadalupe, N.L.

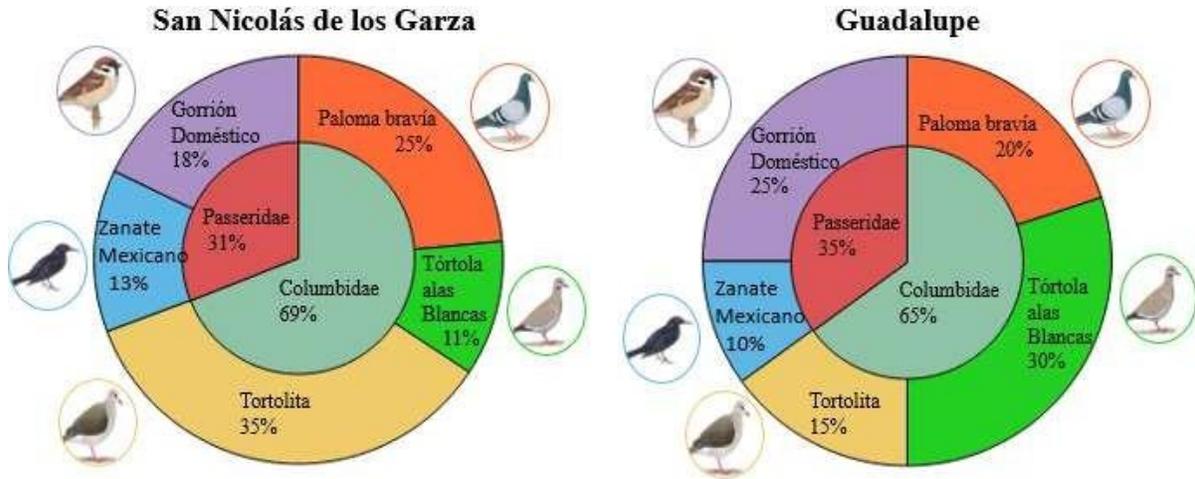


Figura 4. Abundancia de aves como posibles huéspedes dentro de la zona San Nicolás de los Garza y Guadalupe, N.L.

Dentro de esta zona fueron recolectado 424 mosquitos hembras a través de uso de trampas BG-GAT ® (Biogents) y de aspiradores eléctricos, identificando tres especies, siendo *Ae. aegypti* la especie predominante dentro de las zonas urbanas en el municipio de San Nicolás de los Garza con un 74% de la población total de mosquitos recolectados, siendo *Cx. quinquefasciatus* con el 3% y *Ae. albopictus* 1%. Al contrario de la zona suburbana del municipio de Guadalupe en donde se recolectaron 53 hembras, en esta zona *Ae. albopictus* es la especie que más se colectaron con un 11%, seguida de *Ae. aegypti* con 8% y *Cx. quinquefasciatus* 2% del total de mosquitos recolectados, esta comparación de la proporción de hembras recolectadas que se aprecia en la Figura 5.

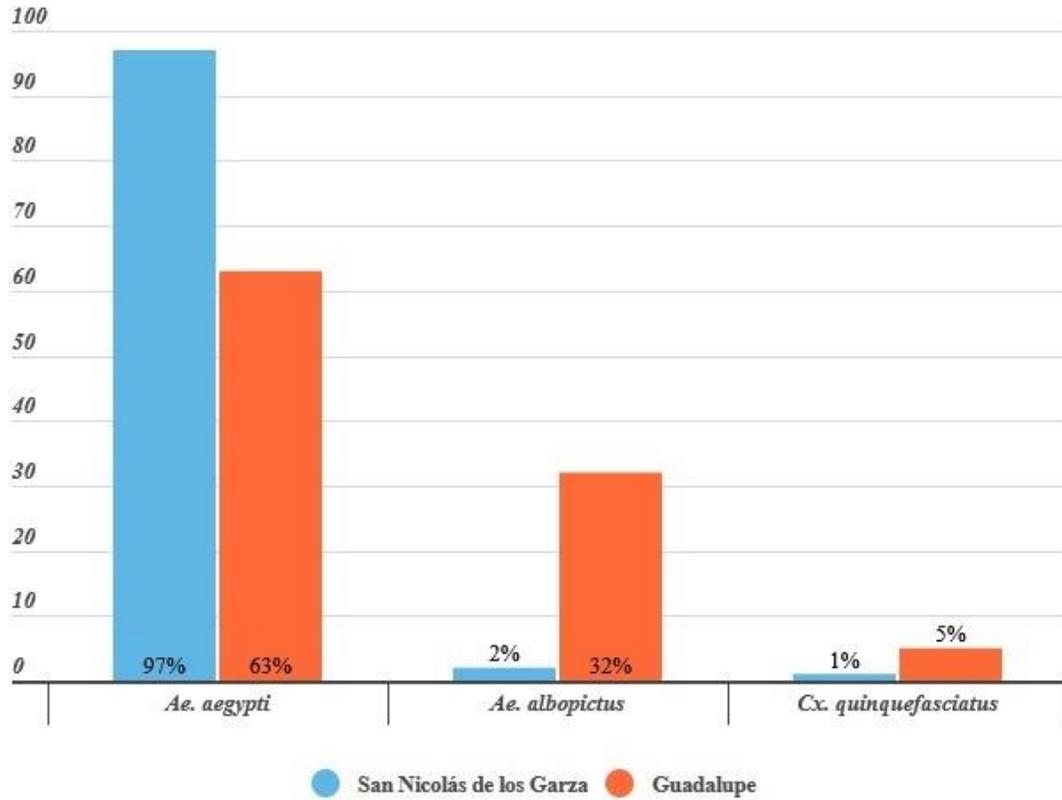


Figura 5. Grafica comparativa de la cantidad de especies de mosquitos recolectada en San Nicolás de los Garza y Guadalupe, N. L.

En la Figura 6 podemos observar al AGEB (1904600011623) dentro de los municipios San Nicolás de los Garza, en donde se señala las zonas en donde se localizaron a las especies de culícidos de *Ae. albopictus* y *Cx. quinquefasciatus* ya que a diferencia de *Ae. aegypti* la cual se encontró uniformemente a lo largo de toda el área, estas dos especies solo se encontraron en estas zonas que se encuentran cerca de la zona donde se ubica el parque.



Figura 6. Área delimitada por AGEN de San Nicolás de los Garza y Guadalupe, N.L. donde se realizó el estudio y ubicación de las muestras de *Ae. aegypti*, *Ae. albopictus* y *Cx. quinquefasciatus*.

Dentro de San Nicolás de los Garza se analizaron un total de 334 (Tabla 2) mosquitos de los cuales el 94% pertenecían a la especie de *Ae. aegypti* con 314 mosquitos los cuales fueron analizados por la técnica de PCR dando un total de 254 positivos a la ingesta de sangre (81%) entre estas se lograron identificar a los cuatro hospedadores buscados. De las cuales 45 pertenecían a muestras de sangre de humanos (18%) quedando en tercer lugar de preferencia junto con los gatos (18%), siendo los principales huéspedes los perros domésticos con 91 muestras positivas (36%), seguida de las aves 72 (28%). Mientras que solo se encontraron 6 (2%) mosquitos de *Ae. albopictus* los cuales se alimentaron (100%) únicamente de dos hospederos, principalmente de humano (67%), seguido de ave (33%). En cuanto a la especie de *Cx. quinquefasciatus* se lograron capturar 14 mosquitos (4%) y podemos observar que se obtuvo una alimentación de 22 hospederos por lo que tuvieron varias ingestas múltiples, encontrando también alimentación en todos los hospederos esperados siendo el principal de estos las aves con más de la mitad de las alimentaciones (55%) seguido de perros con 18%, humanos y gatos con una proporción de 14%.

Tabla 2. Preferencia alimenticia de los mosquitos en San Nicolás de los Garza.

San Nicolás Hospedero	<i>Ae. aegypti</i>		<i>Ae. albopictus</i>		<i>Cx. quinquefasciatus</i>	
	Numero	Porcentaje	Numero	Porcentaje	Numero	Porcentaje
Humano	45	18%	4	67%	3	14%
Perro	91	36%	0	0%	4	18%
Gato	46	18%	0	0%	3	14%
Ave	72	28%	2	33%	12	55%
Alimentados	254	100%	6	100%	22	100
Total	314		6		14	334

En general, de los 90 mosquitos que fueron capturados en Guadalupe y analizados por PCR, se identificaron (83%) de las ingestas de sangre (Tabla 3) el resto de las muestras no amplificaron con los cebadores del gen de Cytb y se lograron identificar a las cuatro especies de hospederos buscadas. De las cuales 58 pertenecían a muestras de *Ae. albopictus* siendo sus principales hospederos las ardillas con 26% seguido de tanto humanos (24%) aves (24%)

seguida por perro con un 21% y en menor medida por gato con el 5%. La segunda especie más abundante de mosquitos fue *Ae. aegypti* aunque la mayoría de estas muestras dieron positivo a ninguno de los huéspedes analizados, siendo sus únicos hospederos confirmados principalmente las ardillas con el 55% seguido por el humano con el 27% y el gato con 18%. En tercer lugar, de abundancia tenemos a la especie de *Cx. quinquefasciatus* de la cual solo se capturaron ocho ejemplares de los cuales dieron positivo a seis hospederos entre los que están el perro y en ave únicamente con un 50% cada uno.

Tabla 3. Preferencia alimenticia de los mosquitos en Guadalupe, N- L.

Guadalupe Hospedero	<i>Ae. aegypti</i>		<i>Ae. albopictus</i>		<i>Cx. quinquefasciatus</i>	
	Numero	Porcentaje	Numero	Porcentaje	Numero	Porcentaje
Humano	3	27%	14	24%	0	0%
Perro	0	0%	12	21%	3	50%
Gato	2	18%	3	5%	0	0%
Ave	0	0%	14	24%	3	50%
Ardilla	6	55%	15	26%	0	0%
Alimentados	11	100%	58	100%	6	100%
Total	35		47		8	90

Del total de 424 los mosquitos colectados en las dos localidades el 82.52% pertenecen *Ae. aegypti* siendo esta la especie colectada más abundante, seguida de *Ae. albopictus* con el 12.62% y por último un 4.85% para *Cx. quinquefasciatus* (Figura 7). Además, al determinar el estadio de Sella en que se encontraban las hembras que fueron capturadas (Figura 8) podemos apreciar que más de la mitad de estas se encontraban en un estado grávido. En la figura 9 se observa un gráfico en donde aparece la densidad de la colecta que se obtuvo donde podemos apreciar que se obtuvo una mayor densidad durante el 2020 aunque durante el 2021 las trampas se colocaron meses antes, esto se debe a la escases de lluvias que se presentó durante este último año.

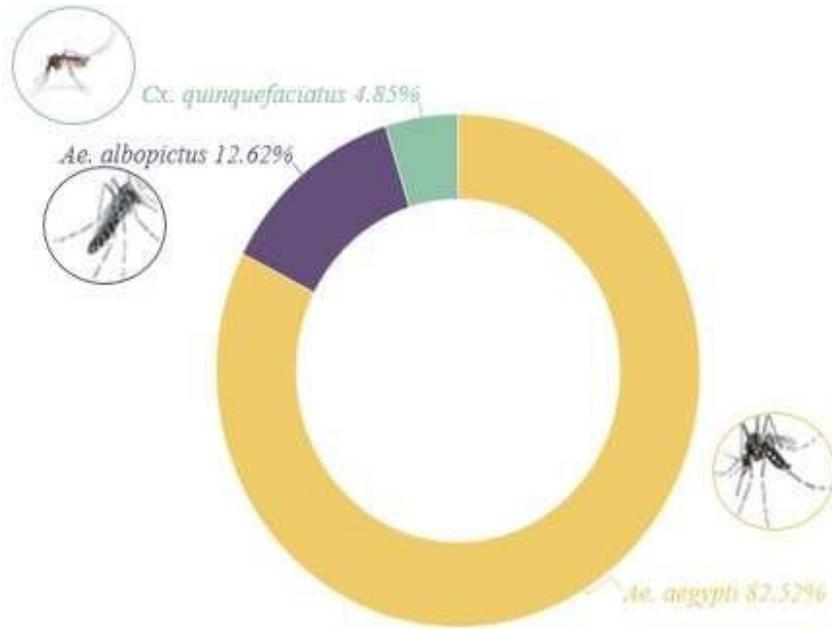


Figura 7. Grafica circular con la cantidad de especies de mosquitos que fueron colectadas durante 2020-2021.

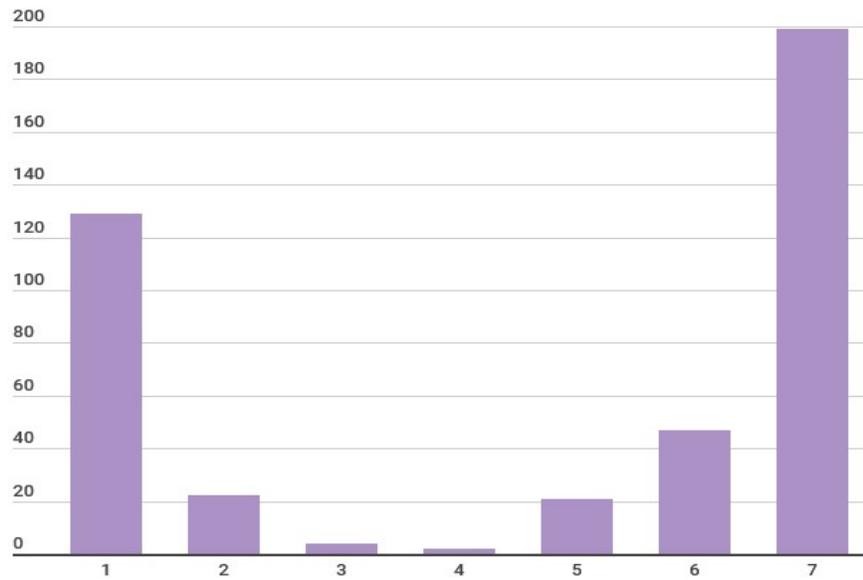


Figura 8. Grafica de los estadios de Sella de los mosquitos que fueron colectados durante 2020-2021.

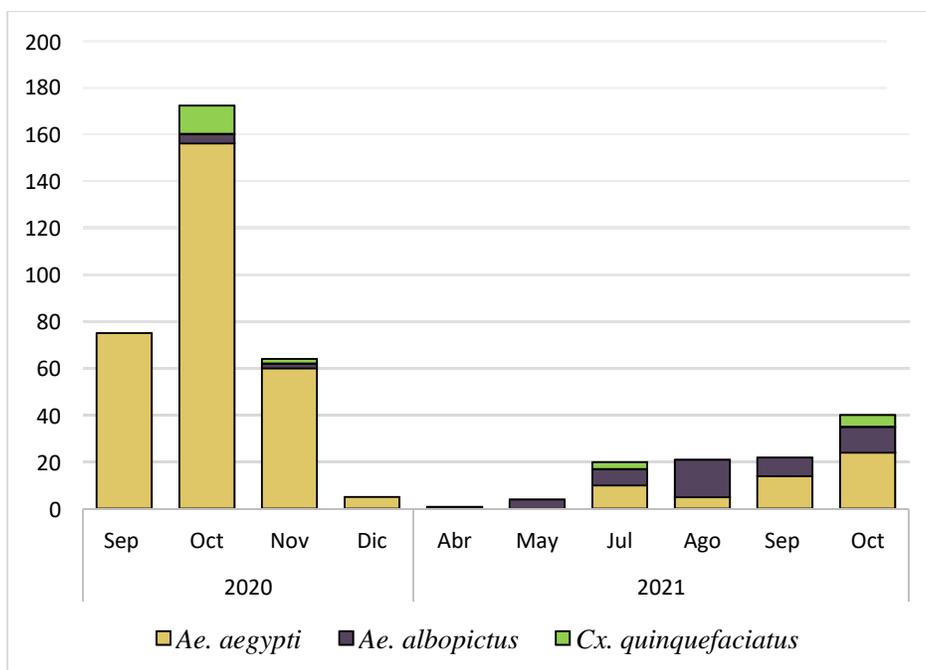


Figura 9. Densidad de colecta de hembras de mosquito 2020-2021 por meses.

En total de las dos localidades que se analizaron (Tabla 4) se logró coleccionar y analizar a un total de 424 mosquitos de los cuales el 82% pertenecen a *Ae. aegypti* siendo esta la especie más abundante en zonas urbanas, seguida de *Ae. albopictus* cuya mayor cantidad se encontró en zonas semiurbanas y por último *Cx. quinquefasciatus* encontrándose en proporciones similares en ambas localidades.

De los 349 mosquitos (Tabla 4) pertenecientes a *Ae. aegypti* solo el 18% se alimentaron de sangre humana siendo que era de esta de la que se esperaba que esta especie tuviera una mayor alimentación sin embargo quedo en tercer lugar junto con los gatos, siendo el principal huésped de los mosquitos de *Ae. aegypti* el perro con una alimentación del 34% seguida de las aves con un 27% dentro de las cuales se encontró que 58% se alimentaron de paseriformes, el 24% de columbiformes, y 12% de los mosquitos mostraron que se alimentaron de ambas (Tabla 4) y solo el 2% se alimentaron de ardilla. En cuanto a *Ae. albopictus* la cual es una especie mamífero oportunista que se alimenta de los mamíferos a su alcance de forma similar mostro tener preferencia por los humanos al alimentarse en un 28% de estos siendo su segundo hospedero más frecuente las aves con el 25%, dentro de las cuales el 13% pertenece a paseriformes el 75% a las columbiformes, y el 6% ambas familias

(Tabla 4), su tercer huésped más común fueron las ardillas con el 23% seguido de perros con 19% quedando en el último lugar los gatos con una diferencia significativa ya que solo el 5% se alimentaron de estos. Por último, de los mosquitos de *Cx. quinquefasciatus* que se analizaron podemos observar el resultado esperado siendo las aves su principal huésped con un 54%, las cuales pertenecen a la familia de paseriformes con el 40% y a las columbiformes con el 53%, no se encontraron ingestas de ambas familias en esta especie (Figura 15). Sin embargo, también podemos observar la alimentación de los otros tres huéspedes en un porcentaje significativo siendo el perro su segundo huésped preferente con el 25% de las ingestas de sangre, y los humanos y gatos el tercero con un porcentaje del 11% cada uno.

Tabla 4. Preferencia alimenticia de los mosquitos colectados.

Total Hospedero	<i>Ae. aegypti</i>		<i>Ae. albopictus</i>		<i>Cx. quinquefasciatus</i>		Total	Total(%)
	Numero	Porcentaje	Numero	Porcentaje	Numero	Porcentaje		
Humano	48	18%	18	28%	3	11%	69	19%
Perro	91	34%	12	19%	7	25%	110	31%
Gato	48	18%	3	5%	3	11%	54	15%
Ave	72	27%	16	25%	15	54%	103	29%
Paseriformes	41	57%	2	13%	6	40%		
Columbiformes	18	25%	12	75%	9	60%		
Ambas	9	13%	1	6%	0	0%		
Ardilla	6	2%	15	23%	0	0%	21	6%
Alimentado	265	100%	64	100%	28	100%	357	100%
Total	349	82	53	13	22	5	424	

La alimentación con múltiples huéspedes se refiere al número de distintos huéspedes de los cuales el mosquito se alimentó, en la Figura 10, podemos apreciar las alimentaciones que tuvieron los mosquitos de *Ae. aegypti* en donde podemos ver que el 69% de las hembras capturadas se alimentaron de un solo huésped siendo perro el principal hospedero con un 24%, también podemos apreciar que el 25% de las hembras realizaron ingestas dobles siendo la de perro-ave la principal con el 10% de las ingestas, y se encontró un 5% de ingestas de 3 diferentes huéspedes siendo Perro-Gato-Ave la principal con 2%, también podemos observar que se reportó 1 ingesta de los 4 hospederos estudiados, los mosquitos que se alimentaron de ardillas solo realizaron ingestas simples y no se alimentaron de ningún otro hospedero.

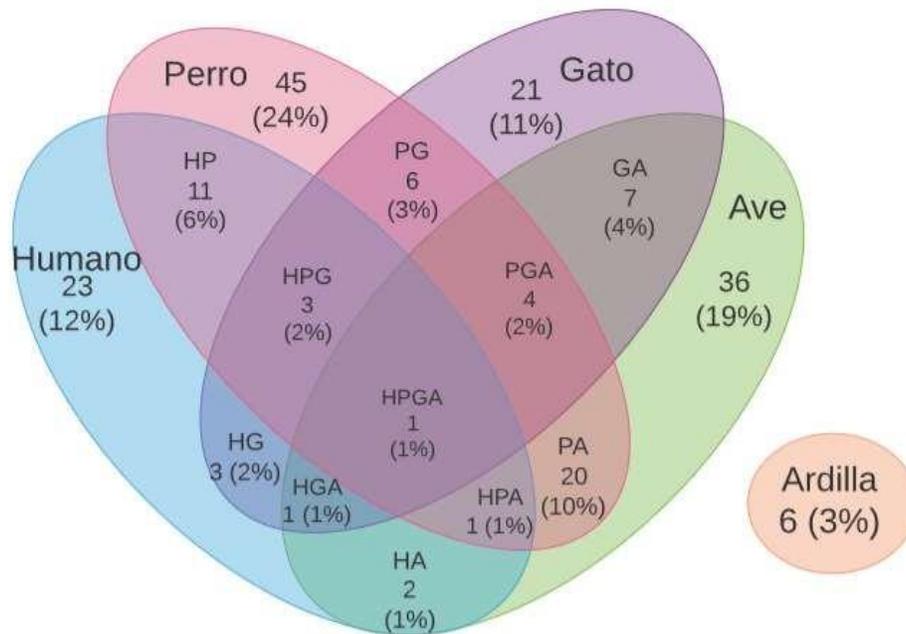


Figura 10. Diagrama de Ven que muestra la preferencia alimenticia de *Ae. aegypti*, así como sus ingestas múltiples.

Mientras que para el diagrama de *Ae. albopictus* que se muestra en la Figura 11 podemos apreciar que el 43% de los mosquitos alimentados se alimentaron de sangre un solo hospedero siendo el ave y el perro con un 17% y 11 % respectivamente seguidos por ardilla con un 9% dejando al último a los humanos con 4% y no se reportaron ingestas de un solo huésped de gato, se registró que el 28% de las ingestas fueron dobles siendo perro-ardilla la principal con el 9%, seguida de humano-ave y humano-ardilla ambas con un 6% y de humano-perro y perro-ave con el 2%, para las ingestas triples se encontraron en un 9% registrándose 4 tipos diferentes humano-perro-ardilla, humano-ave-gato, humano-ave-ardilla y humano-gato-ardilla todas en un 2% y no se presentaron ingestas de los cuatro hospederos.

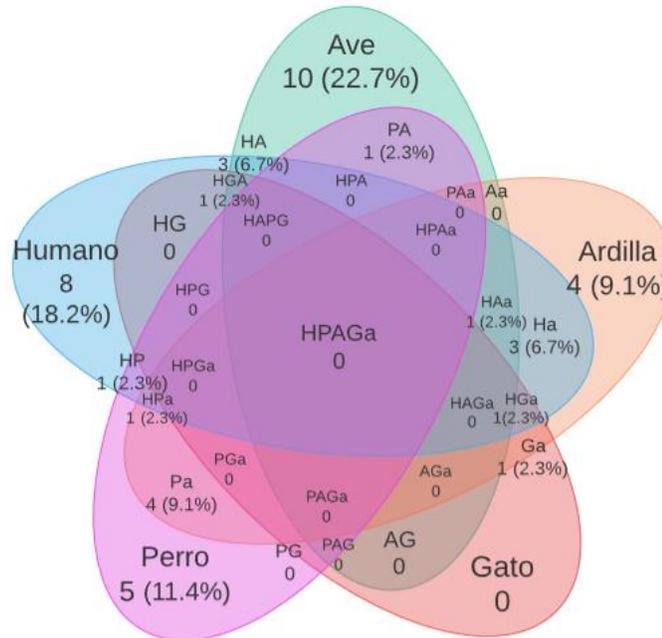


Figura 11. Diagrama de Ven que muestra la preferencia alimenticia de *Ae. albopictus*, así como sus ingestas múltiples.

En las alimentaciones múltiples para *Cx. quinquefasciatus* el 37% de los mosquitos analizados mostraron tener alimentación de un solo huésped (Figura 12) alimentándose únicamente de aves y humanos siendo aves la principal con el 31% de estas ingestas y el humano solo el 6%, mientras que el 49% de los mosquitos mostraron ingestas dobles, cabe mencionar que todas estas ingestas dobles incluyen aves, siendo la principal de estas la de perro-ave con el 31% seguida de humano-ave con el 12%, solo se presentó un tipo de ingesta triple que fue el de perro-gato-ave con el 12% y no se presentaron ingestas de todos los huéspedes analizados

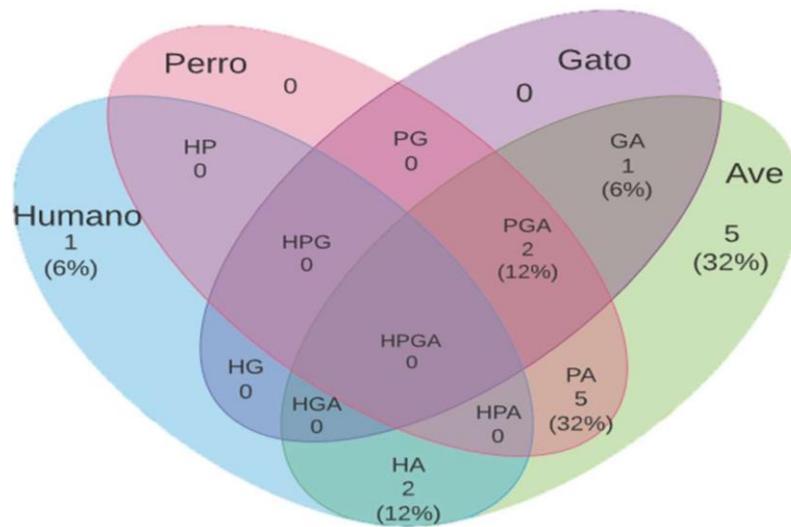


Figura 12. Diagrama de Ven que muestra la preferencia alimenticia de *Cx. quinquefasciatus*, así como sus ingestas múltiples.

DISCUSIÓN

La información sobre las interacciones vector-huésped y la dinámica de transmisión de enfermedades asociadas obtenida mediante la identificación del origen de la sangre en los mosquitos es importante para el control de la enfermedad (WR et al., 2002). La ingesta de sangre es un componente esencial del potencial vectorial de cualquier mosquito vector, así también es importante determinar si se alimenta preferentemente de animales o de seres humanos.

Desacuerdo con la Guía de colecta entomológica (SINAVE, 2009) las colectas de mosquitos deben de realizarse en el peri-domicilio de las viviendas seleccionadas y dentro de estas pero debido a la emergencia sanitaria mundial producida por el virus del SARS-CoV-2 durante el 2020 y 2021 no se pudieron realizar las colectas de forma completa porque se nos impidió ingresar a las viviendas por lo que todos los mosquitos fueron capturados por medio de las ovitrampas y aspiradores eléctricos en el peri domicilio de las viviendas.

En el presente estudio, se determinó que la densidad de *Ae. aegypti* en las zonas de San Nicolás de los Garza es mayor en proporción con *Cx. quinquefasciatus* o *Ae. albopictus*, por el contrario, en zonas semirurales como en las casas que se encuentran alrededor del rio de la silla se determinó una mayor concentración de *Ae. albopictus* siendo esta y *Ae. aegypti* las principales encontradas en proporciones similares. Esto es debido a que *Aedes aegypti* predomina en áreas urbanas, *Ae. albopictus* en áreas rurales, y las dos especies coexisten en áreas semiurbanas dentro de México (Jorge R. Rey, 2015).

Aedes aegypti se le considera como una especie antropofílica, esto quiere decir que se alimenta preferentemente de humanos en toda su área de distribución, pero están dispuestos a alimentarse de otros animales que encuentren disponibles, sin embargo, encontramos que solo el (18%) de los mosquitos de *Ae. aegypti* que fueron examinados se habían alimentado de humanos, casi la mitad que el principal hospedero los perros quedando en tercer lugar después de las especies de aves, lo cual no concuerda con estudios previos realizados como (Fitzpatrick et al., 2019) en donde se encontró que los mosquitos de *Ae. aegypti* se alimentaron principalmente de humanos (70%), o el estudio realizado por (Ponlawat & Harrington, 2005) en el que el 99% de la ingesta sanguínea de los mosquitos colectados fue solamente de humanos.

En un estudio similar realizado recientemente en Estados Unidos y México en el sur de Texas encontró se reportó un resultado similar a nuestros resultados, en donde el 70% de *Ae. aegypti* se alimentó de huéspedes no humanos (Olson et al., 2020) siendo los perros su principal fuente de alimentación con el 50% de las ingestas identificadas. Resultado parecido al publicado por (Estrada-Franco, JG Fernández-Santos et al., 2020) en Reynosa, Tamaulipas, en el norte de México los mosquitos de *Ae. aegypti* mostraron que la preferencia por los hospederos de perros domésticos (54.2%) fue casi el doble que el segundo huésped más común, los seres humanos (28.0%), en ambos estudios la forma de recolección de los mosquitos fue por trampas en el exterior de las viviendas.

Además de que el 31% de los mosquitos de *Ae. aegypti* presentaron alimentación de más de un hospedero, mientras que 6% de las alimentaciones fueron de tres hospederos y se reportó 1% de alimentación de los cuatro hospederos, esta información es importante ya que podemos observar que los mosquitos se están alimentando varias veces de distintos hospederos, la búsqueda del huésped después de una harina de sangre se ve inhibida por múltiples factores, incluida la distensión abdominal y el desarrollo de huevos, así como el tamaño inicial de la harina de sangre y el estado nutricional de la hembra, estas alimentaciones múltiples en el ciclo gonotrófico puede aumentar el riesgo de transmisión de enfermedades al aumentar la frecuencia de contacto con los huéspedes (Farjana & Tuno, 2013).

En cuanto a *Ae. albopictus* es considerada una especie alimentadora oportunista con predilección por alimentarse de huéspedes mamíferos, en este estudio se obtuvo que el 75% de los huéspedes de los que se alimentaron fueron mamíferos siendo su principal los humanos seguido de aves, ardillas y perros notándose una gran diferencia con los gatos, estos resultados difieren de los resultados anteriormente reportados como en el caso de (Faraji et al., 2014) en donde el 90 % de las alimentaciones pertenecían a mamíferos con más de la mitad (58%) los cuales eran huéspedes humanos y en donde no se detectaron alimentaciones de aves, sin embargo estos hallazgos concuerdan con (Savage et al., 1993) donde el 64% de los mosquitos analizados se habían alimentado de mamíferos y el 17% pertenecían a aves o como en el estudio de (Richards et al., 2006) donde el 7% de sus alimentaciones pertenecían a las aves, mientras que el 87% pertenecía a mamíferos siendo el más común el humano con

24%. Estos hallazgos indican que los mosquitos de *Ae. albopictus* se alimenta de manera oportunista de hospedadores que tengan disponibles, dado que estos mosquitos fueron recolectados en una zona en donde hay una gran disponibilidad de aves y en donde las personas salen a caminar y realizar diversas actividades a la hora de la alimentación de estos mosquitos concuerda con los resultados de que estos dos hospederos fueran los que más se encontraron.

Con respecto a las alimentaciones múltiples que muestra podemos observar que el 21% de las alimentaciones son de dos huéspedes distintos, siendo la más común humano-ave, este puede ser un gran problema para la salud debido a que las aves son consideradas el tercer lugar como fuente de arbovirus, las cuales actúan como amplificadores de estos y sirven como la fuente de infección para los mosquitos lo cual representa un alto potencial zoonótico en estas zonas (Ramos et al., 2017).

Los mosquitos de *Cx. quinquefasciatus* mostraron el comportamiento esperado debido a que el principal hospedero de estos fueron las aves con más de la mitad de las ingestas sanguíneas 54%, mientras que el 46% pertenecieron a mamíferos siendo los perros su segundo huésped preferente seguido de humanos y gatos, estos resultados concuerdan con los estudios anteriores realizados por (Garcia-Rejon et al., 2010) en donde se encontró que el 82% de los mosquitos se alimentó de aves mientras que el otro 18% se había alimentado de diversos mamíferos o en el estudio realizado por (Hopken et al., 2021) en donde el 81% de la ingesta de sangre pertenecía a diecisiete taxones de aves y el 18% siete taxones de mamíferos y el 1% a un taxón de reptiles.

Aun así podemos observar que la proporción de mamíferos es relativamente alta con respecto a la de las investigaciones previamente realizadas por (Fitzpatrick et al., 2019) en donde el 51% de huéspedes aviares salvajes, 43% de huéspedes mamíferos y 5% de huéspedes reptiles), en el estudio de (Fitzpatrick et al., 2019) donde los mosquitos tomaron harina de sangre de siete especies de aves (51%), humanos (27%), gatos domésticos (8%), iguanas (5%), un perro doméstico (3%), una rata (3%) y una zarigüeya común (3%). En el de (Janssen et al., 2015) en el que el 93,3% de los mosquitos se alimentan de mamíferos (humanos 65,4%, perros 23,2%, bovinos 2,2% y gatos 1,8%). el 6,5% de aves y el 0,2% de reptiles

En el estudio realizado por (Estrada-Franco, JG Fernández-Santos et al., 2020) en donde también se colocaron las trampas en el exterior de las viviendas se puede observar que el perro doméstico es la especie huésped dominante de *Cx. quinquefasciatus*. Además, cabe mencionar que solo 37% de los mosquitos tuvieron una única ingesta siendo el 31% aves, el otro 49% pertenecen a ingestas dobles, mientras que un 12% pertenece ingestas de tres hospederos. Cabe mencionar que todas las ingestas múltiples que presenta *Cx. quinquefasciatus* es de ave con algún otro hospedero, lo cual como comentamos anteriormente podría ser una fuente de enfermedades zoonóticas dentro de la población de Monterrey.

Estos patrones de alimentación de los mosquitos pueden verse influidos por la técnica de recolección y a la ubicación de las trampas, debido a la contingencia del SARS-CoV-2 no se nos permitió ingresar en el interior de las viviendas, por esta razón las ovitrampas fueron colocadas en el exterior de las mismas por lo que los huéspedes que estaban más a su disposición serían aquellos que se encontrarán en los patios de estas. Además de que para el análisis de posibles huéspedes dentro de las zonas delimitadas por AGEB en donde se llevó a cabo nuestro estudio, se basó principalmente en encuestas a los habitantes de las casas en donde se colocaron las trampas y se realizó el aspirado de los mosquitos la cantidad de personas y animales que viven en estos, así mismo se registraron todos los animales observados dentro de la zona durante la colocación de las trampas y realización de las encuestas, por lo que es difícil comparar a las especies salvajes como aves, animales callejeros a diferencia de las especies domésticas por lo que la proporción de posibles hospederos podría variar dentro de esa zona. En estudios anteriores como los reportados por Fitzpatrick et al., (2019) y Santos et al., (2019) no se realizaron análisis sobre la abundancia y distribución de los posibles hospederos por lo que es difícil discutir sobre cómo la abundancia de los hospederos locales afecta los patrones de alimentación de los mosquitos en este estudio.

CONCLUSIONES

La abundancia de los potenciales hospederos para los mosquitos que se registraron a través del uso de encuestas y observación de la fauna, nos muestra que las aves son las especies con mayor presencia, seguidas de humanos y por ultimo las mascotas domésticas, sin embargo, por la manera en que estos datos fueron recabados es difícil estimar el porcentaje real de algunas especies como las aves y animales salvajes en los entornos estudiados.

Dentro de las zonas estudiadas se lograron encontrar las especies de mosquitos *Ae. aegypti*, *Ae. albopictus* y *Cx. quinquefasciatus*, alimentadas y fue posible identificar los estadios de Sella del 1 al 6 entre estas, siendo el sexto estadio el más abundante, esto se debe principalmente a que las trampas para mosquitos utilizadas son para capturar hembras grávidas.

En las hembras de *Ae. aegypti* podemos observar que su principal hospedero fueron los perros mientras que para *Ae. albopictus* fueron los humanos y en *Cx. quinquefasciatus* las aves. Además de que en las tres especies se observó la presencia de ingesta múltiples huéspedes.

Se determinaron alimentaciones múltiples en las tres especies de mosquitos de *Ae. aegypti*, *Ae. albopictus* y *Cx. quinquefasciatus*.

PERSPECTIVAS

Debido a que este estudio revelo una alta preferencia por huéspedes no humanos principalmente de perros y aves por parte de *Ae. aegypti* siendo las ultimas portadoras de diversos virus que afectan a los humanos y dentro de las zonas urbanas en donde los vectores tienen contacto con los humanos se deben realizar más estudios para determinar qué factores afectan la variación entre los mosquitos y los humanos, así como analizar la competencia de los vectores y como es la transmisión de virus dentro de estas zonas.

Así mismo realizar un estudio en donde se analicen los mosquitos dentro de las casas, así como en los patios de estas para determinar si los patrones de alimentación cambiar o se ven influenciados por estos.

BIBLIOGRAFIA

- Althouse, B. M., & Hanley, K. A. (2015). The tortoise or the hare? Impacts of within-host dynamics on transmission success of arthropod-borne viruses. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1675). <https://doi.org/10.1098/RSTB.2014.0299>
- Coen, E., Strachan, T., & Dover, G. (1982). Dynamics of concerted evolution of ribosomal DNA and histone gene families in the melanogaster species subgroup of *Drosophila*. *Journal of Molecular Biology*, 158(1), 17–35. [https://doi.org/10.1016/0022-2836\(82\)90448-X](https://doi.org/10.1016/0022-2836(82)90448-X)
- Darsie, R. F., & Ward, R. A. (2005). Identification and geographical distribution of the mosquitoes of North America, North of Mexico. *Parasitology*, 131(4), 580–580. <https://doi.org/10.1017/S0031182005228834>
- David, M., Ribeiro, G., & Freitas, R. (2012). Bionomics of *Culex quinquefasciatus* within urban areas of Rio de Janeiro, Southeastern Brazil. *Revista de Saude Publica*, 46(5), 858–865. <https://doi.org/10.1590/S0034-89102012000500013>
- Day, J. F. (2005). Host-seeking strategies of mosquito disease vectors. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 21(sp1), 17–22. [https://doi.org/10.2987/8756-971X\(2005\)21\[17:HSOMDV\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2987/8756-971X(2005)21[17:HSOMDV]2.0.CO;2)
- Estrada-Franco, JG Fernández-Santos, N., Adebisi, A., López-López, M., Aguilar-Durán, J., Hernández-Triana, L., Prosser, S., Hebert, P., Fooks, A., Hamer, G., Xue, L., & Rodríguez-Pérez, M. (2020). Vertebrate-*Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus* (Diptera)-arbovirus transmission networks: Non-human feeding revealed by meta-barcoding and next-generation sequencing. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 14(12), 1–22. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PNTD.0008867>
- Fajardo-Dolci, G., Meljem-Moctezuma, J., Vicente-González, E., Venegas-Páez, F. V., Mazón-González, B., & Aguirre-Gas, H. G. (2012). El dengue en México Conocer para mejorar la calidad de la atención. *Revista Médica Del Instituto Mexicano Del Seguro Social*, 50(6), 631–639. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=457745498009>
- Faraji, A., Egizi, A., Fonseca, D. M., Unlu, I., Crepeau, T., Healy, S. P., & Gaugler, R. (2014). Comparative host feeding patterns of the Asian tiger mosquito, *Aedes albopictus*, in Urban and Suburban Northeastern USA and Implications for disease transmission. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 8(8), e3037. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PNTD.0003037>
- Farias, I., Ortí, G., Sampaio, I., Schneider, H., & Meyer, A. (2001). The cytochrome b gene as a phylogenetic marker: the limits of resolution for analyzing relationships among cichlid fishes. *Journal of Molecular Evolution*, 53(2), 89–103. <https://doi.org/10.1007/S002390010197>
- Farjana, T., & Tuno, N. (2013). Multiple blood feeding and host-seeking behavior in *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology*, 50(4), 838–846. <https://doi.org/10.1603/ME12146>

- Fernández-Marquetti-del- Carmen, M. (2008). Aspectos bioecológicos de importancia para el control de *Aedes aegypti* y otros culicidos en el ecosistema urbano María Del Carmen Marquetti Fernández [Instituto de Medicina Tropical Pedro Kouri]. <http://revistas.mes.edu.cu>
- Fernández-Salas, I. (1995). El papel del vector *Aedes Aegypti* en la epidemiología del dengue en México | *Salud Pública de México*. Secretaría de Salud, México. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10609206>
- Fitzpatrick, D., Hattaway, L., Hsueh, A., Ramos-Niño, M., & Cheetham, S. (2019). PCR-Based Bloodmeal Analysis of *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) in St. George Parish, Grenada. *Journal of Medical Entomology*, 56(4), 1170–1175. <https://doi.org/10.1093/JME/TJZ037>
- Garcia-Rejon, J. E., Blitvich, B. J., Farfan-Ale, J. A., Loroño-Pino, M. A., Chim, W. A. C., Flores-Flores, L. F., Rosado-Paredes, E., Baak-Baak, C., Perez-Mutul, J., Suarez-Solis, V., Fernandez-Salas, I., & Beaty, B. J. (2010). Host-Feeding Preference of the Mosquito, *Culex quinquefasciatus*, in Yucatan State, Mexico. *Journal of Insect Science*, 10(1). <https://doi.org/10.1673/031.010.3201>
- Goodman, H., Egizi, A., Fonseca, D., Leisnham, P., & LaDeau, S. (2018). Primary blood-hosts of mosquitoes are influenced by social and ecological conditions in a complex urban landscape. *Parasites & Vectors*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/S13071-018-2779-7>
- Hopken, M. W., Reyes-Torres, L. J., Scavo, N., Piaggio, A. J., Abdo, Z., Taylor, D., Pierce, J., & Yee, D. A. (2021). Temporal and Spatial Blood Feeding Patterns of Urban Mosquitoes in the San Juan Metropolitan Area, Puerto Rico. *Insects 2021*, Vol. 12, Page 129, 12(2), 129. <https://doi.org/10.3390/INSECTS12020129>
- Janssen, N., Fernandez-Salas, I., Díaz González, E., Gaytan-Burns, A., Medina-de la Garza, C., Sanchez-Casas, R., Börstler, J., Cadar, D., Schmidt-Chanasit, J., & Jöst, H. (2015). Mammalophilic feeding behaviour of *Culex quinquefasciatus* mosquitoes collected in the cities of Chetumal and Cancun, Yucatán Peninsula, Mexico. *Tropical Medicine & International Health : TM & IH*, 20(11), 1488–1491. <https://doi.org/10.1111/TMI.12587>
- Jorge R. Rey, P. L. (2015). Vista de ecología de *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* en América y transmisión de enfermedades. *Aedes aegypti* predomina en áreas urbanas, *Ae. albopictus* en áreas rurales, y las dos especies coexisten en áreas periurbanas. *Biomedica*. <https://revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/2514/2793>
- Kirstein, F., & Gray, J. S. (1999). Blood meal identification in ticks: A promising tool in ecological research on tick-borne diseases. *Zentralblatt Fur Bakteriologie*, 289(5–7), 760–764. [https://doi.org/10.1016/S0934-8840\(99\)80052-8](https://doi.org/10.1016/S0934-8840(99)80052-8)
- Lequime, S., Paul, R., & Lambrechts, L. (2016). Determinants of arbovirus vertical transmission in mosquitoes. *PLoS Pathogens*, 12(5). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PPAT.1005548>
- McBride, C., Baier, F., Omondi, A., Spitzer, S., Lutomiah, J., Sang, R., Ignell, R., &

- Vosshall, L. (2014). Evolution of mosquito preference for humans linked to an odorant receptor. *Nature*, *515*(7526), 222–227. <https://doi.org/10.1038/NATURE13964>
- Monteiro, L. C. C., Souza, J. R. B. de, & Albuquerque, C. M. R. de. (2007). Eclosion rate, development and survivorship of *Aedes albopictus* (Skuse)(Diptera: Culicidae) under different water temperatures. *Neotropical Entomology*, *36*(6), 966–971. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2007000600021>
- Murray, N., Quam, M., & Wilder-Smith, A. (2013). Epidemiology of dengue: past, present and future prospects. *Clinical Epidemiology*, *5*(1), 299–309. <https://doi.org/10.2147/CLEP.S34440>
- Nacher, M., Douine, M., Gaillet, M., Flamand, C., Rousset, D., Rousseau, C., Mahdaoui, C., Carroll, S., Valdes, A., Passard, N., Carlesid, G., Djossou, F., Demar, M., & Epelboin, L. (2020). Simultaneous dengue and COVID-19 epidemics: Difficult days ahead? *PLoS Neglected Tropical Diseases*, *14*(8), 1–8. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PNTD.0008426>
- Olson, M. F., Ndeffo-Mbah, M. L., Juarez, J. G., Garcia-Luna, S., Martin, E., Borucki, M. K., Frank, M., Estrada-Franco, J. G., Rodríguez-Pérez, M. A., Fernández-Santos, N. A., Molina-Gamboa, G. de J., Aguirre, S. D. C., Reyes-Berrones, B. de L., cruz, L. J. C.-D. la, García-Barrientos, A., Huidobro-Guevara, R. E., Brussolo-Ceballos, R. M., Ramirez, J., Salazar, A., Hamer, G. L. (2020). High rate of non-human feeding by *Aedes aegypti* reduces zika virus transmission in south Texas. *Viruses*, *12*(4). <https://doi.org/10.3390/V12040453>
- Orta-Pesina H, Mercado-Hernández, R, & Elizondo-Leal, JF, (2005). Vista de Distribución de *Aedes albopictus* (Skuse) en Nuevo León, México, 2001-2004. *Salud Publica Mex*, *47*(2), 163–165. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10647208>
- Parson, W., Pegoraro, K., Niederstätter, H., Föger, M., & Steinlechner, M. (2000). Species identification by means of the cytochrome b gene. *International Journal of Legal Medicine*, *114*(1–2), 23–28. <https://doi.org/10.1007/S004140000134>
- Ponce, G., Flores, A. E., Badii, M. H., Fernández, I., & Rodríguez, M. L. (2004). Bionomía de *Aedes albopictus* (Skuse). *RESPYN Revista Salud Pública y Nutrición*, *5*(2). <https://respyn.uanl.mx/index.php/respyn/article/view/127>
- Ponlawat, A., & Harrington, L. C. (2005). Blood feeding patterns of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in thailand. *Journal of Medical Entomology*, *42*(5), 844–849. <https://doi.org/10.1093/JMEDENT/42.5.844>
- Ramos, B. A., Chiang, J. O., Martins, L. C., das Chagas, L. L., e Silva, F. de A., Ferreira, M. S., Freitas, M. N. O., de Alcantara, B. N., da Silva, S. P., Miranda, S. A., Sepulvreda, B. A., Corrêa, L. T. G., Negrão, A. M. G., Vasconcelos, P. F. da C., & Casseb, A. do R. (2017). Clinical and serological tests for arboviruses in free-living domestic pigeons (*Columba livia*). *Memórias Do Instituto Oswaldo Cruz*, *112*(8), 532–536. <https://doi.org/10.1590/0074-02760170014>
- Richards, S. L., Ponnusamy, L., Unnasch, T. R., Hassan, H. K., & Apperson, C. S. (2006). Host-feeding patterns of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in relation to availability

- of human and domestic animals in suburban landscapes of central North Carolina - PubMed. *Journal Med Entomol*, 43(3), 543–551. [https://doi.org/doi: 10.1603/0022-2585\(2006\)43\[543:hpoaad\]2.0.co;2](https://doi.org/doi: 10.1603/0022-2585(2006)43[543:hpoaad]2.0.co;2).
- Salas Luévano, M. A. M. C., & Reyes Villanueva, F. M. . (1994). Vista de variación estacional de las poblaciones de *Aedes aegypti* en monterrey, México | Salud Pública de México. *Salud Publica Mex*, 36, 385–392. ISSN: 0036-3634. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10636404>
- Salazar, M. J., & Moncada, L. I. (2004). Life cycle of *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae) under uncontrolled conditions. *Biomédica*, 24(4), 385–392. <https://doi.org/10.7705/BIOMEDICA.V24I4.1288>
- Santos, C. S., Pie, M. R., Rocha, T. C. da, & Navarro-Silva, M. A. (2019). Molecular identification of blood meals in mosquitoes (Diptera, Culicidae) in urban and forested habitats in southern Brazil. *Plos one*, 14(2), e0212517. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0212517>
- Savage, H. M., Niebylski, M. L., Smith, G. C., Mitchell, C. J., & Craig, G. B. (1993). Host-feeding patterns of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) at a temperate North American site. *Journal of Medical Entomology*, 30(1), 27–34. <https://doi.org/10.1093/JMEDENT/30.1.27>
- Secretaria de Salud. (2014). Programa de Acción Específico Prevención y Control de Dengue 2013-2018 | *Secretaría de Salud | Gobierno | gob.mx* (Primera edición). Programa Sectorial de Salud 2013-2018 . <https://www.gob.mx/salud/documentos/programa-de-accion-especifico-prevencion-y-control-de-dengue-2013-2018>
- SINAVE. (2009). Guia de Colecta Entomológica. Proyecto Salud S008-2009-01-114902 aislamiento y serotipificación de virus del dengue en mosquitos del genero aedes para la vigilancia epidemiologica de la enfermedad. instituto de diagnóstico y referencia epidemiológicos guia de colecta entomológica *CONACYT División Biología Molecular Laboratorio de Arbovirus*. www.cenavece.salud.gob.mx/
- Slama, D., Haouas, N., Mezhoud, H., Babba, H., & Chaker, E. (2015). Blood meal analysis of culicoides (Diptera: Ceratopogonidae) in Central Tunisia. *Plos one*, 10(3), e0120528. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0120528>
- Solis Santamaria, I. A. (1995). Bionomía de seis especies de mosquitos (Diptera:Culicidae) vectores potenciales de encefalitis en Salinas Victoria, Nuevo León, noreste de México. *Universidad Autónoma De Nuevo León*. <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/7451>
- Stenn, T., Peck, K. J., Rocha Pereira, G., & Burkett-Cadena, N. D. (2019). Vertebrate hosts of *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus*, and *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) as potential vectors of Zika Virus in Florida. *Journal of Medical Entomology*, 56(1), 10–17. <https://doi.org/10.1093/JME/TJY148>
- Thirion Icaza, J. (2003). El mosquito *Aedes aegypti* y el dengue en México - SIBE. In México : *Bayer Environmental Science*. https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000310453

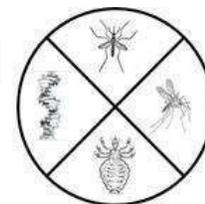
- Uribe-Álvarez, C., & Chiquete Félix, N. (2017). Las enfermedades transmitidas por vectores y el potencial uso de Wolbachia, una bacteria endocelular obligada, para erradicarlas. *Revista de La Facultad de Medicina*, 51–55. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0026-17422017000600051
- Vélez, I. D., Quiñones, M. L., Suárez, M., Olano, V., Murcia, L. M., Correa, E., Arévalo, C., Pérez, L., Brochero, H., & Morales, A. (1998). *Aedes albopictus* presence in Leticia, Amazonas, Colombia. *Biomédica*, 18(3), 192–198. <https://doi.org/10.7705/BIOMEDICA.V18I3.990>
- WR, M., W, T., & BG, K. (2002). Analysis of arthropod bloodmeals using molecular genetic markers. *Trends in Parasitology*, 18(11), 505–509. [https://doi.org/10.1016/S1471-4922\(02\)02364-4](https://doi.org/10.1016/S1471-4922(02)02364-4)
- Zittra, C., Vitecek, S., Obwaller, A. G., Rossiter, H., Eigner, B., Zechmeister, T., Waringer, J., & Fuehrer, H.-P. (2017). Landscape structure affects distribution of potential disease vectors (Diptera: Culicidae). *Parasites & Vectors* 2017 10:1, 10(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/S13071-017-2140-6>

ANEXO

Carta de consentimiento



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
LAB. DE ENTOMOLOGÍA MÉDICA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



Título del Proyecto:

Yo _____ con dirección en _____ del municipio _____ y en total plenitud de mis facultades físicas y mentales, doy mi consentimiento a la LBG. Damaris Alejandra Luis Solís estudiante y tesista del Programa de Posgrado Maestría en Entomología Médica y Veterinaria, de la Universidad Autónoma de Nuevo León, para poder entrar a mi vivienda ubicada en la dirección arriba mencionada para la colocación de ovitrampas para la colecta de larvas de mosquitos y adultos, así también en la colecta de mosquitos adultos en el exterior de la misma, mediante la técnica de aspirado; esto hasta que las actividades del proyecto terminen.

La estudiante, Damaris Luis se compromete a respetar la propiedad haciendo solo las actividades citadas anteriormente

Una vez leído y estar de acuerdo ambas partes, nos permitimos firmar de forma responsable y voluntaria ésta responsiva.

a _____ de septiembre del 2020

A t e n t a m e n t e

Dr. Gustavo Ponce García
DIRECTOR DE TESIS

LBG. Damaris Alejandra Luis Solís
TESISTA

PROPIETARIO DE VIVIENDA

ccp: propietario de la vivienda

Encuesta: Registró Lugar Y Zona Colocación De Trampa

1. Municipio
 - Guadalupe
 - San Nicolás
2. Dirección
3. Persona que firmó la hoja de consentimiento
4. AGEB
5. Manzana
6. Casa
7. Clave otorgada a la trampa
8. Fecha en que se colocó
9. Apariencia de la casa - Oquedades, aberturas o huecos en la pared (celosías, entretechos)
 - Ausentes
 - Pocos
 - Muchos
10. Apariencia de la casa - Ventanas/Puertas
 - Siempre cerradas o con malla de mosquitero
 - Abierta en el día o sin malla de mosquitero
11. Apariencia de la casa - Presencia de recipientes con agua dentro o fuera de la casa
 - Ninguno
 - Alguno (Cerrado o Tapado)
 - Alguno (Abierto)
12. Apariencia global de la casa
 - Bueno
 - Regular
 - Malo
13. Sombra en el patio
 - <25%
 - 26-50%
 - >50%
14. Suciedad del patio

- Limpio
 - Algo sucio (Pasto, basura)
 - Sucio y con recipientes con agua
15. Cantidad de árboles aproximados cercanos a la vivienda
16. Cantidad de macetas aproximadas en la vivienda
17. En esta zona se ubican depósitos de agua que puedan funcionar de criaderos de mosquitos
- Si
 - No
18. Cantidad de personas que viven en la vivienda
19. Perros (*Canis lupus*) que hay en la vivienda
20. Gatos (*Felis catus*) que hay en la vivienda
21. Paloma bravía (*Columba livia*) aproximadas en la zona
22. Paloma Alas Blancas (*Zenaida asiática*) aproximadas en la zona
23. Tortolita Cola Larga (*Columbina inca*) aproximadas en la zona
24. Tortolita Zanate mexicano (*Quiscalus mexicanus*) aproximadas en la zona
25. Tortolita Gorrión doméstico (*Passer domesticus*) aproximadas en la zona

Encuesta: Revisión De Trampa

1. Fecha de Revisión

2. Clave de la Trampa

3. Sitio de colecta

- Patio delantero

4. Superficie de colecta

- Pared
- Techo
- Piso
- Vegetación
- Otro

Cantidad de mosquitos encontrados

5. *Ae. aegypti*

- Macho _____.
- Hembra sin sangre _____.
- Hembra con sangre roja _____.
- Hembra con sangre negra _____.
- Hembra con sangre roja y negra _____.
- Hembra grávida _____.

6. *Ae. albopictus*

- Macho _____.
- Hembra sin sangre _____.
- Hembra con sangre roja _____.
- Hembra con sangre negra _____.
- Hembra con sangre roja y negra _____.
- Hembra grávida _____.

7. *Cx. quinquefasciatus*

- Macho _____.
- Hembra sin sangre _____.
- Hembra con sangre roja _____.
- Hembra con sangre negra _____.
- Hembra con sangre roja y negra _____.
- Hembra grávida _____.

RESUMEN BIOGRÁFICO

Damaris Alejandra Luis Solis

Candidato para el Grado de

Maestría en Entomología Médica y Veterinaria

Tesis: PREFERENCIA ALIMENTICIA EN POBLACIONES DOMICILIARIAS DE
CULÍCIDOS EN ÁREA METROPOLITANA DE MONTERREY NUEVO LEÓN

Campo de Estudio: Ciencias de la Salud

Biografía: Nacido en San Nicolás de los Garza, Monterrey, Nuevo León el 10 de noviembre de 1995, hija de Jesús Luis Hinojosa y María Esthela Solis Hinojosa.

Educación: Egresado de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Grado obtenido
Licenciado en Biotecnología Genómica en 2020

Experiencia profesional: